

Identificación de los datos del proyecto:

- **Tema:** Historia de Internet
- **Título:** El origen de Internet. El camino hacia la red de redes.
- **Autor:** Iván Nebreda Rodrigo
- **Titulación:** IMAGEN & SONIDO
- **Tutor:** Pedro Costa Morata
- **Departamento:** DIATEL
- **Director:**
- **Tribunal:**
- **Presidente:** Juan Manuel López Navarro
- **Vocal:** Pedro Costa Morata
- **Vocal Secretario:** Iván Pau de la Cruz
- **Fecha de lectura:** 3 de Junio de 2013

Resumen

Motivación

Internet es sin duda sinónimo de telecomunicaciones en este momento, es la tecnología no de futuro, sino de presente llamada a cambiar la sociedad hasta puntos insospechables, sin opción de retorno. Hoy en día ha cambiado la forma en la que nos relacionamos, la forma en la que trabajamos y la manera en que tomamos decisiones se ve fuertemente apoyada en esta herramienta.

Por supuesto el devenir de la Red está por ver, los gobiernos y las grandes compañías quieren "meter mano" en el control de los contenidos, sin embargo parece que la Red sabe auto-gestionarse y es capaz de funcionar dentro de un modelo semi-anárquico.

Objetivos

El objetivo del presente proyecto es dar a conocer los orígenes de la red de redes, desarrollando un entorno social, político, económico y tecnológico para una mejor comprensión. El lector no obtendrá un extenso conocimiento técnico sobre redes y ordenadores, sin embargo será capaz de entender los verdaderos motivos que llevaron a una comunidad científica a crear la mayor herramienta para el desarrollo del ser humano. También es mi intención hacer que el lector reflexione sobre cómo influyen diferentes factores en el devenir de los hechos, momentos de grandes cambios sociales o políticos, o cómo la ciencia resuelve problemas mediante la observación o el análisis, buscando siempre la mejor opción, sin conformarse con soluciones a medias.

Estructura

El proyecto está estructurado en 3 grandes bloques. El primer bloque corresponde a los tres primeros capítulos que nos adentran en el tema vía una introducción a modo de punto de partida u origen del concepto, un marco histórico del período de formación de la Red y un pequeño análisis del estado del arte de los ordenadores desde sus orígenes como tal, prácticamente coetáneos con el origen de Internet.

El segundo bloque narra cómo comienza el desarrollo de la Red, los pasos que se van dando y las soluciones adoptadas hasta llegar a lo que conocemos hoy día como la red de redes: Internet.

Por último se detallan las conclusiones obtenidas tras la escritura de este documento, realizando una serie de reflexiones globales que me surgen tras conocer la historia de la Red.

Abstract

Motivation

Nowadays Internet without any doubt means telecommunications. It is not the future technology but the present one and it is supposed to change the society to an unexpected point, without possibility of return. It has already changed the way we communicate each other, the way we work and also the way we take decisions are strongly hold by this tool.

Meanwhile we will see the becoming of the Network, the governments and the big companies want to have the control over the contents, however it seems that the Network has the ability to self-manage and it is also capable to keep working in a semi-anarchic model.

Objectives

The main aim of the present project is to show what is the real origin of the network of networks, developing a social, politic, economic and technologic context of it to ensure a better comprehension. The reader won't get an extended knowledge about computing or networking, however he or she will be able to understand the truly motivation that lead a scientific community to create the most important tool for the human development. It is also my intention to make the reader think about how different facts, depending on the moment they take place like social or political changes, can transform the way everything happens and how science solves problems by the observation and the analysis, searching always the best option, without comply with half solutions.

Structure

This project is divided into three sections. The first part which includes the three first chapters place us in the topic by an introduction of the concept origin, an historic context of the period of Network development and a small analysis of the state of the art in computing since its origins, which appear at the same time as the Internet.

The second block explains how the development of the Net starts, the steps followed and the solutions taken until the arrival of the network of networks we all know: the Internet.

Finally, we can find the conclusions, which are exposed in a reflection way, with some considerations that came to me after writing this document about the history of the Internet.

Agradecimientos

Con la realización y presentación de este Proyecto Fin de Carrera doy por cumplida mi etapa universitaria, el camino no ha sido fácil, pero he dispuesto de la ayuda de las personas adecuadas y la motivación necesaria para alcanzar este fin, que a su vez significa otro comienzo, quizá el más complicado, pero que ansío recorrerlo con las mismas ganas que he recorrido este.

Estas líneas están reservadas para:

Por supuesto primero a mi familia, me dan la dosis necesaria de estabilidad para mantener los pies en la Tierra. Les agradezco su paciencia y su apoyo.

A mis compañeros/as y grandes amigos/as de la facultad, no sé si fue el azar o había algo predestinado, pero tengo la sensación de que no podría haber encontrado mejores personas: ambos Miguelitos, Dani, Charly, Toni , Iker, Carlos, Santi, Borja, a todas las chicas del sonido: Mari, Itz, Eli, Paloma, todas ellas (como suele ser habitual) buenas estudiantes y estupendas compañeras de clase, y cómo no, a Álvaro, muchas horas en lo bueno y en lo malo, todas ellas agradables, creo que ya podemos decir que lo hemos conseguido.

También a mis amigos de toda la vida, que forman parte de mí, de mis victorias y de mis derrotas, para lo bueno y para lo malo.

Y por último, pero no menos importante, gracias a Pedro Costa. No me equivoco si digo que no he tenido un profesor como tú en toda la carrera, admiro tus principios y valores más allá de lo puramente académico.

A mi abuela. Gracias.

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

Índice general

Resumen Ejecutivo	pág. 16
<i>Executive Summary</i>	pág. 17
Introducción	pág. 20
Motivación	
Objetivos	
Estructura	
Capítulo 1. El origen de la idea	pág. 22
Capítulo 2. Marco histórico	
2.1. La Guerra Fría	pág. 28
2.1.1. El nacimiento de un mundo bipolar	pág. 28
2.1.2. La coexistencia pacífica	pág. 30
2.1.3. La Distensión	pág. 31
2.1.4. La nueva Guerra Fría	pág. 32
2.2. Estados Unidos en los años 60	pág. 32
Capítulo 3. Avances tecnológicos. Estado del arte	
3.1. Primera generación de ordenadores (1.951-1.958)	pág. 38
3.1.1. Tubos de vacío	pág. 38
3.2. Segunda generación de ordenadores (1.959-1.964)	pág. 43
3.2.1. El transistor	pág. 40
3.3. Tercera generación de ordenadores (1.965-1.971)	pág. 41
3.3.1. Circuitos integrados	pág. 41
3.4. Cuarta generación de ordenadores (1.972-1.988)	pág. 43
3.4.1. El microprocesador	pág. 43
3.5. Quinta generación de ordenadores (1.951-1.958)	pág. 44
Capítulo 4. El comienzo	
4.1. La "fundación" de A.R.P.A.	pág. 48
4.2. Invenciones coincidentes	pág. 50
4.2.1. El camino de Paul	pág. 50
4.2.2. El camino de Donald	pág. 53
4.3. Primer experimento	pág. 54
4.4. Metodología	pág. 55
4.5. Las bases	pág. 56
4.6. Diseñando la subred. Los IMP's	pág. 58
4.6.1. El IMP número 0	pág. 61
4.7. Comunicación entre ordenadores. Protocolos I	pág. 62
4.8. Una verdadera red	pág. 64

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

Capítulo 5. Funcionando y mejorando. Hacia la red de redes

5.1. Ajustando la red	pág. 69
5.2. Comunicación entre ordenadores. Protocolos II	pág. 71
5.3. Dándose a conocer	pág. 71
5.4. El E-mail	pág. 73
5.5. Abriendo nuevos horizontes	pág. 75

Capítulo 6. Internet

6.1. Comunicación entre ordenadores. Protocolos III	pág. 78
6.2. Cambios en D.A.R.P.A.	pág. 79
6.3. La red local. Ethernet	pág. 82
6.4. Misión cumplida. Fin de ARPAnet	pág. 83
6.5. La red global. Internet como lo conocemos	pág. 84

Capítulo 7. Cronología

pág. 87

Capítulo 8. Conclusiones

pág. 92

Anexos

pág. 98

Bibliografía

pág. 128

Listado de figuras

Capítulo 1. El origen de la idea

Figura 1.1. Ordenador ENIAC	pág. 22
Figura 1.2. Laboratorio <i>Lincoln</i> del MIT	pág. 25
Figura 1.3. J.C.R. Licklider	pág. 26

Capítulo 2. Marco histórico

Figura 2.1. Presidentes en la Conferencia de Postman	pág. 28
Figura 2.2. Gráfica crecimiento de la población	pág. 33
Figura 2.3. Martin Luther King junto a Malcolm X	pág. 34
Figura 2.4. Tabla Inversión Federal en I+D entre 1958-1974	pág. 35

Capítulo 3. Avances tecnológicos. Estado del arte

Figura 3.1. Válvulas de vacío	pág. 39
Figura 3.2. Ordenador de primera generación	pág. 40
Figura 3.3. Transistores	pág. 41
Figura 3.4. Circuitos integrados	pág. 42
Figura 3.6. Ordenador de tercera generación	pág. 42
Figura 3.7. Microprocesador y ordenador de cuarta generación	pág. 44
Figura 3.8. Ordenador de quinta generación	pág. 45

Capítulo 4. El comienzo

Figura 4.1. Robert Taylor. Lawrence Roberts. 1967	pág. 49
Figura 4.2. Esquemas tipos de redes	pág. 51
Figura 4.3. Ordenador PilotACE	pág. 53
Figura 4.4. Esquema de Wes Clark	pág. 55
Figura 4.5. Mapa cuatro primeros nodos de ARPAnet	pág. 56
Figura 4.6. Ratón de D. Engelbart. 1967	pág. 57
Figura 4.7. Equipo de trabajo de la BBN	pág. 58
Figura 4.8. Ejemplo de programa en tarjeta perforada	pág. 59
Figura 4.9. Imagen del primer IMP	pág. 61
Figura 4.10. Esquema de ARPAnet 1969	pág. 64

Capítulo 5. Funcionando y mejorando. Hacia la red de redes

Figura 5.1. Esquema de ARPAnet 1970	pág. 69
Figura 5.2. TIP. 1971	pág. 70
Figura 5.3. Dossier ICC. 1972	pág. 73
Figura 5.4. Ordenador PDP-10	pág. 74
Figura 5.5. Mapa ARPAnet. 1973	pág. 76

Capítulo 6. Internet

Figura 6.1. Mapa de ARPAnet. 1975	pág. 80
Figura 6.2. Mapa lógico de ARPAnet. 1975	pág. 81
Figura 6.3. Esquema de Ethernet	pág. 82
Figura 6.4. Esqueleto de NSNET. 1984	pág. 84
Figura 6.5. Gráfica crecimiento del tráfico de datos mensual en la Red	pág. 85
Figura 6.6. Gráfica crecimiento del número de webs	pág. 85

Capítulo 7. Cronología

Capítulo 8. Conclusiones

Figura 9.1. Pioneros de Internet. 1994	pág. 94
--	---------

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

Índice de acrónimos

ALU. Unidad Aritmético-Lógica. Parte del microprocesador encargada de realizar operaciones aritméticas y lógicas entre números.

ARPA. *Advanced Research Project Agency* - Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada. Se trata de una agencia dependiente del Departamento de Defensa norteamericano que desde sus inicios se encargó de situar al país a la cabeza del desarrollo tecnológico a nivel mundial.

AT&T. *American Telephone & Telegraph Corporation* - Corporación Americana de Teléfonos y Telégrafos.

BBN. *Bolt Beranek and Newman*. Pequeña empresa estadounidense dedicada a la informática, encargada de diseñar el esqueleto de la Red, considerados los arquitectos de la misma.

BITNET. *Because It's Time to Network* - Porque es Hora de Navegar en Red. Una de las diversas redes que fueron surgiendo en la década de los 80.

BPS. *Bits Per Second* - Bits Por Segundo. Término usado para definir la velocidad de transmisión en una conexión digital.

BUNCH. Siglas de Burroughs, Univac, NCR, CDC y HoneyWell. Grupo empresarial que al unirse se colocó como el principal competidor de IBM.

CCA. *Computer Corporation of America* - Corporación Informática de América. Pequeña empresa fundada en la década de los 60 dedicada a la investigación informática, por aquel entonces al *time-sharing*, que desarrolló el primer experimento de conectar dos ordenadores en red.

CDC. *Control Data Corporation* - Corporación de Control de Datos. Empresa norteamericana fabricante de ordenadores de gran potencia fundada en la década de los 50.

CERN. Laboratorio Europeo de Física de Partículas.

CRT. *Cathode Ray Tube* - Tubo de Rayos Catódicos. Tecnología que permite visualizar imágenes mediante un haz de rayos catódicos constante dirigido contra una pantalla de vidrio recubierta de fósforo y plomo.

DARPA. *Defense Advanced Research Projects Agency* - Agencia de Defensa de Proyectos de Investigación Avanzada. Ídem que ARPA.

DCA. *Defense Communication Agency* - Agencia de Defensa de Comunicaciones. Agencia creada en la década de los 60 para mantener vivo el proyecto que desarrollaba Paul Baran de conmutación de

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

paquetes y que él mismo determinó dejar en base al poco apoyo recibido. En 1973 ARPAnet sería concedida temporalmente a esta agencia.

DEC. *Digital Equipment Corporation* - Corporación de Equipamiento Digital. Compañía estadounidense considerada pionera en el desarrollo de mini-ordenadores, fundada en la década de los 50.

DIT. Departamento de Ingeniería Telemática de la Universidad Politécnica de Madrid.

DOD. *Department of Defense* - Departamento de Defensa. Departamanto gubernamental estadounidense encargado de gestionar diversos proyectos de investigación, dirigido principalmente por militares.

EARN. *European Academic Research Network* - Red Académica Europea de Investigación. Una de las diversas redes que fueron surgiendo en la década de los 80.

EEUU. Estados Unidos.

ENIAC. *Electronic Numerical Integrator And Computer* - Ordenador e Integrador Numérico Electrónico. Primer ordenador completamente digital, creado por John William Mauchly y John Presper Eckert en 1956.

EUNET. *European Unix users Network* - Red Europea de usuarios Unix. Una de las diversas redes que fueron surgiendo en la década de los 80.

FTP. *File Transfer Protocol* - Protocolo de Transferencia de Archivos. Protocolo que especifica el formato de los archivos intercambiados en la red.

HTTP. *Hypertext Transfer Protocol* - Protocolo de Transferencia de Hipertexto. Define la sintaxis y la semántica que utilizan los elementos de software de la arquitectura web para comunicarse. Es un protocolo orientado a transacciones y sigue el esquema petición-respuesta entre un cliente y un servidor.

IBM. *International Business Machines Corporation* - Corporación Internacional de Máquinas de Negocios. Empresa norteamericana que se introdujo en el sector informático en la década de los 50 convirtiéndose en poco tiempo en la mayor empresa fabricante de ordenadores.

ICANN. *Internet Corporation for Assigned Names and Numbers* - Corporación de Internet para la Asignación de Nombres y Números. Es una organización que opera a nivel internacional y es la responsable de asignar las direcciones del protocolo IP, los identificadores de protocolo, de las funciones de gestión del sistema de dominio y de la administración del sistema de servidores raíz.

IMP. *Interface Message Processor* - Procesador de Interfaz de Mensajes. Pequeños ordenadores situados entre cada ordenador y las líneas de transmisión de la red encargados del enrutamiento de los paquetes que viajan por la Red.

IPTO. *Information Processing Techniques Office* - Oficina de Técnicas de Procesado de la Información. Departamento dependiente de ARPA encargado del proyecto de comunicación entre ordenadores, es decir, del diseño y desarrollo de la Red.

MIT. *Massachusetts Institute of Technology* - Instituto Tecnológico de Massachusetts. Universidad privada de investigación localizada en Cambridge, especializada en ciencia y tecnología.

NASA. *National Aeronautics and Space Administration* - Administración Nacional del Espacio y la Aeronáutica. Agencia creada por el gobierno estadounidense para el desarrollo tecnológico, de proyectos espaciales y programas de misiles, en 1958.

NCP. *Network Control Protocol* - Protocolo de Control de Red. Protocolo de control del nivel de red que se ejecuta.

NCR. *National Cash Register* - Caja Registradora Nacional. Empresa americana de desarrollo de *hardware* y componentes electrónicos.

NLS. *ONLine System* - Sistema En Línea. Sistema desarrollado para ARPA, relacionado con la creación de librerías digitales así como el almacenamiento y recuperación de documentos digitales.

NPL. *British National Physical Laboratory* - Laboratorio Nacional Británico de Física. Instituto nacional de mediciones del Reino Unido, dedicado a desarrollar y aplicar estándares de la ciencia y de la tecnología.

NSF. *National Science Foundation* - Fundación Nacional de la Ciencia. Agencia del gobierno de Estados Unidos independiente que impulsa investigación y educación fundamental en todos los campos no médicos de la Ciencia y la Ingeniería.

NWG. *Network Working Group* - Grupo de Trabajo en Red. Grupo de informáticos que trabajaron de forma independiente en el diseño de un protocolo para la Red.

ONU. Organización de las Naciones Unidas. Asociación de gobierno global que facilita la cooperación en asuntos como el Derecho Internacional, la paz y seguridad internacional, el desarrollo económico y social, los asuntos humanitarios y los derechos humanos.

OTAN. Organización del Tratado Atlántico Norte. Organización internacional de carácter militar creada como resultado de las negociaciones entre los signatarios del Tratado de Bruselas de 1948 (Bélgica, Francia, Luxemburgo, Países Bajos y el Reino Unido), Estados Unidos y Canadá, así como

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

otros países de Europa Occidental invitados a participar (Dinamarca, Italia, Islandia, Noruega, España y Portugal), con el objetivo de organizar Europa ante la amenaza de la Unión Soviética después de la Segunda Guerra Mundial.

PC. *Personal Computer* - Ordenador Personal.

PNB. Producto Nacional Bruto. El Producto Nacional Bruto de un país se define como el valor de todos los bienes y servicios finales producidos por sus factores de producción y vendidos en el mercado durante un periodo de tiempo dado, generalmente un año.

RAND. *Research AND Development* - Investigación y Desarrollo. Corporación de corte militarista corporación fundada en 1946, durante la 2ª Guerra Mundial, para desarrollar la capacidad de investigación de la nación.

RFC. *Request for Comments* - Solicitud de Comentarios. Notas tomadas durante diversas reuniones, que tuvieron lugar con el fin de determinar cuál debía ser el protocolo para ARPAnet.

RFNM. *Ready for Next Message* - Preparado para el Siguiente Mensaje. Número que recibían los *imps* en caso de que la conexión se hubiese producido con éxito.

SAGE. *Semi-Automatic Ground Enviroment* - Entorno de Campo Semi-Automático. Proyecto informático encargado de analizar datos de radares, que requería de un operario para trabajar. Uno de los primeros ordenadores con interfaz de usuario.

SRI. *Stanford Research Institute* - Instituto de Investigación de Stanford. Uno de los cuatro primeros nodos de ARPAnet.

TCP. *Transmission-Control Protocol* - Protocolo de Control de Transmisión. Es uno de los protocolos fundamentales en Internet. Fue creado entre los años 1973 y 1974 por Vint Cerf y Robert Kahn. Muchos programas dentro de una red de datos compuesta por ordenadores, usan TCP para crear conexiones entre ellos a través de las cuales envían un flujo de datos. El protocolo garantiza que los datos serán entregados en su destino sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron

TCP/IP. . *Transmission-Control Protocol / Intenet Protocol* - Protocolo de Control de Transmisión / Protocolo de Internet. En ocasiones se le denomina conjunto de protocolos TCP/IP, en referencia a los dos protocolos más importantes que la componen: Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y Protocolo de Internet (IP), que fueron dos de los primeros en definirse, y que son los más utilizados de la familia.

TIP. *Terminal Interface Message Processor* - Terminal Procesador de Interfaz de Mensajes. Terminal controlador que administraba el tráfico generado por un gran número de dispositivos conectados directamente a la red.

UCLA. Universidad de California en Los Ángeles. Uno de los cuatro primeros nodos de ARPAnet.

UCSB. Universidad de California en Santa Bárbara. Uno de los cuatro primeros nodos de ARPAnet.

URSS. Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (1922-1991).

USENET. Una de las diversas redes que fueron surgiendo en la década de los 80.

UUCP. *Unix to Unix CoPy* - Copiador de Unix a Unix. Hace referencia a una serie de programas de ordenadores y protocolos que permiten la ejecución remota de comandos y transferencia de archivos y de correo electrónico.

W3C. *World Wide Web Consortium*. Es una comunidad internacional donde las organizaciones miembro, personal a tiempo completo y el público en general trabajan conjuntamente para desarrollar estándares Web. Liderado por el inventor de la Web Tim Berners-Lee y el Director Ejecutivo Jeffrey Jaffe, la misión del W3C es guiar la Web hacia su máximo potencial.

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

Resumen Ejecutivo Executive Summary
--

Resumen Ejecutivo

Existe una gran controversia en torno al origen de la herramienta más utilizada en el planeta. Actualmente hay un 30% de la población conectada, sin embargo ¿dónde comienza?, ¿quiénes son los culpables de que la información viaje libremente a velocidades hasta hace no mucho insospechables? ¿por qué se desarrolla el envío de datos entre ordenadores?

Este trabajo pretende responder a estas preguntas, de una manera ordenada y concisa, sin especulaciones sobre los posibles fines que tenía la Red o posibles verdades ocultas por parte del gobierno de los Estados Unidos.

- Una primera parte nos pone en contexto, deduciéndose de esta los factores que se juntaron en el desarrollo de Internet, además de introducirnos en el tema.
- En la segunda parte se describe todo el proceso de desarrollo del proyecto "ARPAnet", llevado a cabo por ARPA en los EE.UU. desde su formación hasta llegar a un punto de relativa actualidad, donde esta red evoluciona a un conjunto de redes unidas, lo que conocemos como Internet, con un modelo de la Red no muy diferente al que usamos cada día.

Finalmente, tras estudiar la historia del invento de nuestra era, se aportan algunas conclusiones a modo de reflexión de cómo también el proceso mediante el cual se diseñó Internet también fue algo revolucionario.

Executive Summary

There is a big controversy among the origin of the most used tool on Earth. Currently, a 30% of the global population is already connected to it, however, where does it begin? who are guilty of getting information travelling all around at an unexpected speed not time ago? why is communication between computers developed?

This document pretends to answer those questions in an ordinate and briefly way, without speculations about possible aims the Net had or about some hidden truths by the U.S. Government.

- The first part shows us the context, so we can deduce what agents were joint in the Internet development, apart from introducing us to the topic.
- Secondly, it is described all the development process of the ARPAnet project, take it over by ARPA in the U.S.A. from its beginning to a more or less current point, where this net evolve to a group of nets connected all together, which form a similar model to the one we use nowadays.

Finally, after studying the history of the most important discover of our age, there are some conclusions, we could call them reflections, about how the process used to design Internet was also something revolutionary.

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

Introducción

Motivación Objetivos Estructura

Introducción

Motivación

Internet es sin duda sinónimo de telecomunicaciones en este momento, es la tecnología no de futuro, sino de presente llamada a cambiar la sociedad hasta puntos insospechables, sin opción de retorno. Hoy en día ha cambiado la forma en la que nos relacionamos, la forma en la que trabajamos y la manera en que tomamos decisiones se ve fuertemente apoyada en esta herramienta.

Por supuesto el devenir de la Red está por ver, los gobiernos y las grandes compañías quieren "meter mano" en el control de los contenidos, sin embargo parece que la Red sabe auto-gestionarse y es capaz de funcionar dentro de un modelo semi-anárquico.

Objetivos

El objetivo del presente proyecto es dar a conocer los orígenes de la red de redes, desarrollando un entorno social, político, económico y tecnológico para una mejor comprensión. El lector no obtendrá un extenso conocimiento técnico sobre redes y ordenadores, sin embargo será capaz de entender los verdaderos motivos que llevaron a una comunidad científica a crear la mayor herramienta para el desarrollo del ser humano. También es mi intención hacer que el lector reflexione sobre cómo influyen diferentes factores en el devenir de los hechos, momentos de grandes cambios sociales o políticos, o cómo la ciencia resuelve problemas mediante la observación o el análisis, buscando siempre la mejor opción, sin conformarse con soluciones a medias.

Estructura

El proyecto está estructurado en 3 grandes bloques. El primer bloque corresponde a los tres primeros capítulos que nos adentran en el tema vía una introducción a modo de punto de partida u origen del concepto, un marco histórico del período de formación de la Red y un pequeño análisis del estado del arte de los ordenadores desde sus orígenes como tal, prácticamente coetáneos con el origen de Internet.

El segundo bloque narra cómo comienza el desarrollo de la Red, los pasos que se van dando y las soluciones adoptadas hasta llegar a lo que conocemos hoy día como la red de redes: Internet.

Por último se detallan las conclusiones obtenidas tras la escritura de este documento, realizando una serie de reflexiones globales que me surgen tras conocer la historia de la Red.

Capítulo 1. El origen de la idea

1. El origen de la idea

Hablar del origen de internet es casi sinónimo de hablar del origen de la informática, pues como veremos en el desarrollo de este trabajo, la informática no habría alcanzado una presencia tan notable en la sociedad sin la aparición de la Red.

Comencemos por situarnos temporalmente en la década de 1950, cuando informática significaba tan solo realizar operaciones aritméticas más rápido. John William Mauchly y John Presper Eckert ya habían construido el ENIAC (*Electronic Numerical Integrator And Computer*), primer ordenador totalmente digital que vio la luz en 1946 y que ejecutaba sus procesos y operaciones mediante instrucciones de máquina. Ocupaba una habitación de 6m x 12m, pesaba 27 toneladas y se tardó en construir 30 meses, debido a que estaba compuesto por 7.200 diodos de cristal, 1.500 relés, 70.000 resistencias, 10.000 condensadores y alrededor de 5 millones de soldaduras todas hechas a mano. Pertenecía a la Primera Generación de Computadoras (1951-1958) donde se empleaban tubos de vacío o bulbos para procesar la información.

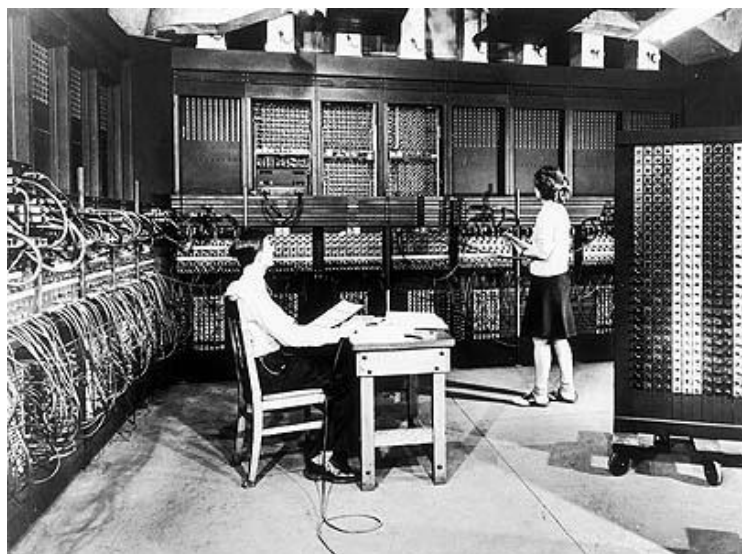


Fig.1.1. Ordenador ENIAC

En 1953, IBM (*International Business Machines Corporation*), que era el mayor fabricante del país de relojes, así como de equipos electro-mecánicos, dio el salto al negocio de los ordenadores. Los ordenadores fabricados por IBM no eran mejores que los UNIVAC (sucesor del ENIAC), sin embargo, el "legendario" departamento de ventas de dicha compañía consiguió en pocos años sobrepasar al resto de fabricantes y alcanzar a finales de la década ventas por encima de los 1.000 millones de dólares.

Otras máquinas se estaban desarrollando por aquella época: en el MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) como era el caso del proyecto "Whirlwind" o en empresas como Burroughs, HoneyWell, NCR (*National Cash Register*)... entre otras. Se empezaba a consolidar el mercado de los ordenadores

a nivel de grandes corporaciones y empresas. Entre todo este conglomerado de empresas empezaron a surgir nuevas ideas revolucionarias en el temprano mundo de la informática.

Ken Olsen, ingeniero del MIT, abandonó dicho laboratorio para formar *Digital Equipment Corporation*, donde fabricó algo radicalmente diferente, un pequeño ordenador llamado "miniordenador" donde el usuario empezaba a interactuar directamente con él, esta empresa sacó a la luz el TX-0.

Otro joven grupo de investigadores del MIT inventó otro concepto informático de gran repercusión, al cual denominaron "*time-sharing*", que suponía una alternativa al tradicional método de procesamiento "por lotes", donde tenían lugar largas esperas de hasta un día para obtener los resultados del programa. El *time-sharing* o sistema de tiempo compartido era, como sugiere la palabra, un nuevo método donde se daba a varios usuarios acceso interactivo a un ordenador desde terminales individuales. Dichos terminales tenían permiso de interactuar directamente con el ordenador principal. El aspecto revolucionario era sin duda la drástica reducción de los tiempos de espera, además teniendo en cuenta el tamaño de los ordenadores de entonces, era algo que había que intentar. Obviamente la velocidad de operación era inversamente proporcional al número de accesos que tuvieran lugar, ya que cuantos más accesos, más recursos se destinaban a la coordinación de los dispositivos.

En el MIT sus principales proyectos se estaban realizando en torno al concepto de "Aviso Temprano a Distancia" (*Distant Early Warning*), que suponía un *array* de radares que se extenderían desde Hawái hasta las Islas Británicas y que estarían atendidos por un ordenador (de ahí el proyecto mencionado "Whirlwind"). Fue entonces cuando el proyecto SAGE (*Semi-Automatic Ground Environment*) fue desarrollado. Basado en un ordenador IBM, su novedoso aspecto fue sin duda el hecho de ser "semi-automático", es decir, se requería de un operario para su funcionamiento. El sistema tenía tres funciones principales: recibir datos de diversos radares, interpretar datos relativos a aviones sin identificar y apuntar armas de defensa hacia un posible avión hostil. SAGE fue uno de los primeros sistemas informáticos que trabajaban en tiempo real operativo.

J.C.R. Licklider se encontraba en el grupo que desarrolló el sistema, sin embargo su interés por la informática no se produjo hasta que encontró a un joven ingeniero en el *Lincoln Laboratory* que trabajaba en el desarrollo del ordenador TX-2, sucesor del TX-0 fabricado con Ken Olsen en *Digital Equipment Corporation*, a la vanguardia de la informática de la época, Wesley Clark. Fue él quien le enseñó a groso modo los fundamentos básicos para operar con dicho ordenador. Una función que el TX-2 realizaba era mostrar información en una pantalla, y fue esta función precisamente la que ayudó a Clark a demostrarle a Licklider las principales ideas de un uso interactivo. Licklider dejó la psicología para dedicarse a la informática, él realmente creía que los ordenadores transformarían la sociedad. La idea en torno a la cual giraba su visión era que el desarrollo tecnológico salvaría a la humanidad, él imaginó lo que denominó "*home computer consoles*" (ordenadores domésticos) y estudios de televisión conectados juntos a una red masiva. Estos premonitorios pensamientos sobre el rol que los ordenadores jugarían en la vida de la gente fueron creciendo, hasta que en 1960 publicó "*Man-Computer Symbiosis*", donde destilaba varias de sus ideas en torno a una tesis central: la futura toma de decisiones conjunta entre seres humanos y ordenadores, donde nosotros tomaríamos las decisiones, pero usando ordenadores, es más, atacando a los problemas de forma

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

conjunta, pensaríamos como nunca un cerebro humano había pensado antes y ahorraríamos el recurso más valioso: tiempo.

Estas ideas consolidaban uno de los pensamientos más atrevidos e imaginativos de aquel entonces, y en el momento de su publicación se forjó una reputación como científico informático para siempre. Licklider llevaba un par de años trabajando en una pequeña empresa consultora y de investigación ubicada en Cambridge llamada *Bolt Beranek and Newman* (BBN), que le había proporcionado un par de ordenadores para investigar.

Fue en 1962 cuando, el que en ese momento era director de ARPA (*Advanced Research Project Agency*), Jack Ruina llamó a Licklider con una oferta de trabajo para dirigir una nueva división científica, donde dispondría del gigante Q-32, único ordenador de su especie jamás fabricado, perteneciente ya a la Segunda Generación de Ordenadores (1959-1964) basados en el uso de transistores, para trabajar con él. Ruina también llamó a Fred Frick, amigo y compañero de Licklider, de cuando este trabajaba en el *Lincoln Laboratory*, para hacerles ver lo imprescindible que era que uno de ellos aceptara el trabajo. Tras lanzar una moneda al aire, Licklider aceptó el puesto con la condición de tener absoluta libertad para dirigir el programa según creyera conveniente, a lo cual Ruina no se opuso. Tras impartir varios seminarios sobre informática en el Pentágono a oficiales militares y al Departamento de Defensa (DOD) en relación a sistemas con monitorado y base de datos, su idea de interactuar directamente con los ordenadores fue haciéndose hueco en la mentalidad de su militarizada audiencia. Para el otoño de 1962, se trasladó a Washington, donde su principal función fue dotar a los ordenadores de otros usos más allá de herramientas de cálculo numérico.

Lo primero que Licklider hizo fue ponerse en contacto con los mejores centros de investigación informática del país y establecer con ellos contratos de investigación, lo cual inevitablemente acabaría dando sus frutos. Científicos de Stanford, MIT, UCLA, Berkely y varias compañías importantes estaban así en la órbita de ARPA, y fueron apodados por Licklider como "*The Intergalactic Computer Network*". Seis meses después de llegar a ARPA, Licklider mandó un memorándum a los miembros de la *Red Intergaláctica*, donde expresaba su frustración al ver que crecían el número de lenguajes de programación, de sistemas de depuración, de lenguajes de control de sistemas de tiempo compartido y de esquemas de documentación. Si se diera el caso de un intento de estandarización, Licklider discutía el hipotético problema de una red de ordenadores.

Sin embargo, pese a su gran trabajo, Licklider no fue una excepción a la regla no escrita según la cual la gente no duraba mucho tiempo trabajando en ARPA, pero para cuando dejó la agencia en 1964, había cosechado varios éxitos, pues había conseguido dirigir los esfuerzos de la agencia hacia la investigación y desarrollo informático, había pasado de dirigir laboratorios donde se jugaba a la guerra, a realizar investigación avanzada en sistemas de tiempo compartido, interfaces gráficas y mejoras en los lenguajes informáticos. El reflejo de dicho cambio fue el nombramiento del IPTO (*Information Processing Techniques Office*), oficina dentro de ARPA, que contaba con independencia para decidir cómo investigar y como gestionar su presupuesto. Estas condiciones sin duda fueron el caldo de cultivo necesario para que algo "grande" se forjara en este departamento que disponía de un estilo "propio" de investigación. Fue el mismo Licklider quien nombró a su sucesor en el cargo de director del IPTO, Iván Sutherland, quien en 1965 contrataría a Robert Taylor, un joven que dos años atrás había formado parte de un pequeño comité no oficial donde investigadores informáticos

compartían información de sus proyectos para hallar formas de colaboración. La invitación para formar parte de dicho comité le vino por parte del omnipresente Licklider.

Bob Taylor al poco tiempo de trabajar en ARPA y observar el incremento en el número de ordenadores, se preguntaba a sí mismo porqué no existía la posibilidad de comunicar uno con otro. Fue entonces en 1966, a la edad de treinta y cuatro años, cuando ya era el tercer director de la IPTO, el instante en el cual decidió que era momento de actuar. Se dirigió a la oficina de su jefe y director de ARPA, Charles Herzfeld, sin memorias, sin cita, y le expuso los fundamentos del experimento que tenía en mente. Le explicó que los contratistas de IPTO, la mayoría universidades, estaban empezando a solicitar más y más recursos informáticos. Parecía que cada investigador quería tener un ordenador para sí mismo, y de esa forma no sólo se duplicaban los esfuerzos entre investigadores sino que también resultaba muy caro, los ordenadores no eran ni pequeños, ni baratos, ¿por qué no intentar conectarlos todos entre sí?. Construyendo un sistema de enlaces electrónicos entre máquinas, los investigadores podrían realizar trabajos similares desde distintos puntos del país y así compartir recursos y resultados de una forma sencilla.

ARPA podría concentrar sus recursos en uno o dos lugares y construir un camino para que cualquiera pudiera conectarse a ellos. Además el DOD era el mayor comprador de ordenadores del mundo, y si la idea de Taylor funcionaba, es decir, si se pudieran conectar ordenadores de distintos fabricantes, el problema de elegir ordenadores se acabaría. Pero aún había una ventaja más, referente a la fiabilidad de la red, sería posible conectar ordenadores a la red de forma redundante, para que si una conexión caía, el mensaje pudiera tomar otro camino. Herzfeld preguntó a Taylor si iba a ser complicado implementarlo, a lo que Bob le respondió: "Oh no, ya sabemos cómo lo vamos a hacer", en veinte minutos había convencido a su jefe y disponía de un millón de dólares más en su presupuesto para comenzar a desarrollar una red que permitiera la conexión de ordenadores entre sí.



Fig.1.2. El *Lincoln Laboratory* del MIT, Lexington, Massachusetts. 1956.

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera



Fig.1.3. J.C.R. Licklider en Washington, 1962.

Capítulo 2. Marco histórico

2.1. La Guerra Fría

2.1.1. El nacimiento de un mundo bipolar

2.1.2. La coexistencia pacífica

2.1.3. La Distensión

2.1.4. La nueva Guerra Fría

2.2. Estados Unidos en los años 60

2. Marco histórico

Para comprender con precisión cómo fue posible el desarrollo de "la red de redes" es importante situarnos históricamente, en lo que fue un período donde coexistía una gran tensión entre las, por aquel entonces, dos mayores potencias del mundo: EE.UU. y la U.R.S.S.

Es precisamente esa tensión la que hizo posible que un grupo de investigadores, que trabajaba para una agencia de investigación dependiente del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, tuviera los recursos, es decir, el presupuesto para realizar tales avances en el mundo de la informática y más concretamente en la conexión entre ordenadores. Pero no nos adelantemos sin antes explicar cómo empezó aquel período que hoy conocemos como la Guerra Fría.

2.1. La Guerra Fría:

2.1.1. El nacimiento de un mundo bipolar.

La "Gran Alianza" que había permitido derrotar a los fascismos europeos y el expansionismo japonés, se rompió nada más acabar la II Guerra Mundial (1945).

Se iniciaba la "Guerra Fría", concepto que define el período de abierta rivalidad entre las ya mencionadas dos potencias mundiales. Este conflicto fue clave en las relaciones internacionales durante casi medio siglo y se libró en los frentes político, económico y propagandístico, pero sólo de forma muy limitada en el frente militar. Es importante recalcar que la ruptura no fue inmediata, y bien pudo haber sido evitada. El por aquel entonces presidente de los Estados Unidos, F. Roosevelt (1933-1945) deseaba la colaboración entre potencias, pese a representar sistemas políticos, económicos e ideológicos diferentes; además J. Stalin necesitaba la cooperación de otras grandes potencias para la reconstrucción del país.

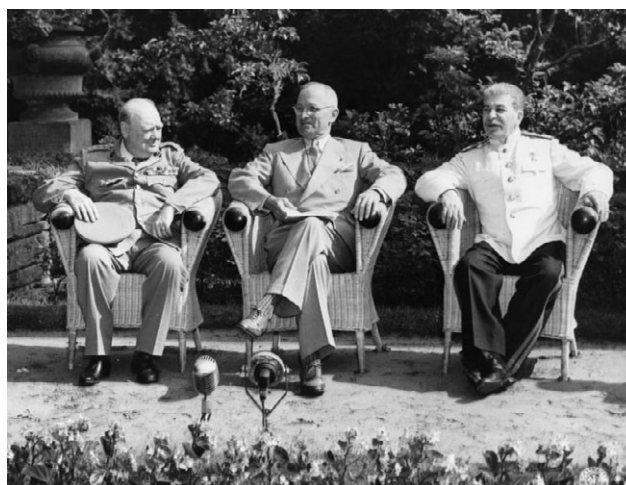


Fig.2.1. De izda. a dcha.: W. Churchill, Harry S. Truman y J. Stalin en la Conferencia de Postman, Alemania.1945.

Por un momento se pensó que la colaboración era posible, en Europa los comunistas estaban obteniendo porcentajes importantes de votos, especialmente en países que habían sido ocupados por los nazis, además se llevaron a cabo algunas acciones comunes: los Juicios de Núremberg o los tratados de paz de París firmados en 1947 son ejemplos de ello. Sin embargo el ambiente enrarecido que ya se había empezado a respirar en la Conferencia de Potsdam (1945) donde se reunieron el secretario general del Partido Comunista de la Unión Soviética, J. Stalin, el primer ministro británico W. Churchill y el ya presidente norteamericano Harry S. Truman (1945-1953), terminó por aflorar claramente en 1946 con varios acontecimientos:

- En enero se produjo el primer encontronazo en la O.N.U. cuando la delegación iraní protestó por la prolongación de la ocupación soviética de sus provincias septentrionales, hecho que violaba un acuerdo firmado por los Aliados durante la guerra. La dura reacción norteamericana consiguió que la U.R.S.S. se retirara a los pocos meses.

- En febrero, además de descubrirse una red de espías soviéticos en Canadá, Stalin pronunció un duro discurso en Moscú en el que no dudó en afirmar que el comunismo y el capitalismo eran "incompatibles" y que la U.R.S.S. debía prepararse para un período de rearme. Dos semanas después, George Kennan, experto en asuntos soviéticos del Departamento de Estado norteamericano, envió un telegrama a Washington de dieciséis páginas cuyo contenido era demoledor: la Unión Soviética era un estado irrevocablemente hostil a Occidente que continuaría con su política expansionista. El embajador soviético en Washington, Nikolai Novikov, haría lo propio meses más tarde afirmando que los EE.UU. buscaban dominar el mundo y estaban preparando una guerra para ello.

- El 5 de marzo, W. Churchill visitó los EE.UU. y pronunció un célebre discurso en la Universidad de Fulton, Missouri, donde el veterano político consagró la expresión "telón de acero" para referirse a la frontera que separaba a la Europa dominada por el ejército soviético del resto. Habiendo tenido lugar el fin del entendimiento entre aliados, se llega a 1947 en una situación crítica, aún no había comenzado la reconstrucción de Europa y el hambre y el descontento son el contexto en el que crece la desconfianza entre antiguos Aliados. El ejército rojo parece no querer frenar su expansionismo y a su vez el bloque occidental no envía las ayudas económicas correspondientes para la recuperación de la U.R.S.S.

El secretario de estado norteamericano G. Marshall recibió una nota del gobierno británico donde se comunicaba su imposibilidad de continuar con las ayudas en Grecia y Turquía para frenar el comunismo. La reacción norteamericana no se hizo esperar, se dotó de una cuantiosa ayuda económica a ambos países. Además, dando por perdidos los territorios ocupados por los soviéticos, se sentó una verdadera doctrina en política exterior, la "Doctrina Truman", en la cual se afirmaba que se ayudaría a cualquier gobierno que plantase cara al comunismo, calificándose tal medida como una política de contención del comunismo. Esta doctrina no fue suficiente en la labor de contención, de modo que se determinó necesario asegurar ciertas condiciones económicas que impidieran su expansión. Así, el 5 de junio de 1947 se anunció el Programa de Recuperación Europeo, popularmente conocido como el "Plan Marshall".

La negativa de Stalin supuso la división de Europa en los bloques occidental y oriental.

El año 1948 constituyó el primer año de guerra fría. El primer conflicto tuvo lugar en Berlín, que había sido dividida en cuatro zonas de ocupación y se situaba en el corazón de la zona de ocupación

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

soviética. Las crecientes discrepancias entre los antiguos aliados hicieron de la antigua capital del Reich uno de los temas clave de la guerra fría.

Abandonadas las negociaciones para acordar un status político común a la Alemania ocupada tras el fracaso de la Conferencia de Londres, los representantes de EE.UU, Gran Bretaña y Francia dieron un paso más creando una nueva moneda para sus zonas de ocupación: el Deutschemark. Los soviéticos reaccionaron aplicando una reforma en su zona según la cual incluían a la ciudad de Berlín y que tras el intento de introducir el Deutschemark, se vería bloqueada mediante la interrupción de toda comunicación terrestre entre la Berlín occidental y las zonas de ocupación occidental. Stalin confiaba en que la ciudad terminaría cayendo en sus manos, sin embargo los norteamericanos, con una pequeña ayuda británica, organizaron un impresionante puente aéreo que durante once meses y con más de 275.000 vuelos consiguió abastecer a la población sitiada. Al mismo tiempo la Casa Blanca hacía saber al Kremlin que no dudaría en usar la fuerza para hacer respetar los "corredores aéreos" que unían la Alemania occidental con Berlín. El 12 de mayo de 1949 Stalin levantó el bloqueo. La crisis vivida creó un fuerte sentimiento de solidaridad entre los alemanes occidentales y los norteamericanos, situación que facilitó la culminación de la partición de Alemania: las tres zonas occidentales se constituyeron en la República Federal de Alemania, la zona soviética se constituyó en la República Democrática de Alemania. Esta partición era la concreción en el corazón de Europa de la división bipolar del mundo.

2.1.2. La Coexistencia Pacífica.

La muerte de Stalin el 5 de marzo de 1953 abrió una nueva fase en la historia de las relaciones internacionales. Krushev se hace con el poder del Kremlin y lanza una nueva política exterior que va a denominar "coexistencia pacífica", que básicamente significaba que la U.R.S.S. no sólo negaba el recurso a las armas para extender la revolución comunista por el mundo, sino que rechazaba la idea de que la guerra con el capitalismo era inevitable. El bloque comunista concentraría en el futuro todas sus fuerzas en la competición pacífica con el Oeste.

La visión de Washington no se vio muy influenciada por la nueva política del Kremlin, en EE.UU. primaba una situación de inseguridad propiciada por el acceso de la U.R.S.S. al arma atómica y sus ensayos con misiles intercontinentales. El lanzamiento del *Sputnik* en 1957 vino a reforzar ese sentimiento.

Eisenhower (1953-1961) había criticado fuertemente la política de contención del anterior presidente por lo que no resultó sorprendente la adopción de la doctrina de las denominadas "represalias masivas", es decir, Washington amenazaba a la U.R.S.S. con el uso masivo del arma nuclear en el caso de que adoptara una política exterior muy agresiva. Afortunadamente la realidad fue una línea continuista de la política de contención "reforzada".

Cabe añadir en hilo con las relaciones internacionales, el rearme e ingreso de la República Federal de Alemania en la O.T.A.N. (Organización del Tratado Atlántico Norte) en 1954, con la contestación soviética vía Pacto de Varsovia llevado a cabo por las llamadas "democracias populares".

2.1.3. La Distensión.

Hubo varias razones por las cuales se entró en un período de relativa distensión entre las dos súper potencias, de entre las cuales podríamos destacar las siguientes:

- La crisis de los misiles en Cuba en 1962 hizo tomar conciencia a ambos países del peligro mortal de la posesión y multiplicación de su arsenal nuclear. La respuesta fue el establecimiento de una línea directa de comunicación entre la Casa Blanca y el Kremlin conocida como el "teléfono rojo".
- Ambos consideraron que una relajación de las tensiones favorecía a sus objetivos a largo plazo, podemos hablar en este sentido de una distensión como medio para obtener sus propios fines.
- Tanto americanos como soviéticos tuvieron que mediar internamente dentro de cada bloque. La U.R.S.S. quedó debilitada por el conflicto chino-soviético, además tuvo que hacer frente al movimiento reformista checo que tuvo lugar en 1968 conocido como "La Primavera de Praga". Por otro lado EE.UU. vio como la Unión Europea se consolidaba como una potencia económica y como en el seno de la O.T.A.N. surgió la disidencia concretada en la Francia de Charles de Gaulle, que temporalmente salió de las estructuras militares de la organización.

Esta nueva relación no supuso en absoluto el fin de la carrera armamentística. Los EE.UU. habían quedado conmocionados a finales de los cincuenta por el liderazgo soviético en la "carrera del espacio". Nada más llegar al poder John F. Kennedy (1961-1963) lanzó el programa "Apolo" para recuperar el retraso acumulado en el terreno de los ingenios balísticos y pronto obtuvo los resultados que esperaba, superando a los soviéticos en número de misiles intercontinentales y posteriormente poniendo al primer hombre en la luna. Sin embargo la Guerra de Vietnam (1964-1975) supuso un gasto militar a los EE.UU. que equilibró las fuerzas militares. Se alcanzó así la paridad nuclear.

Tras el asesinato de Kennedy el 22 de noviembre de 1963, el demócrata Lyndon B. Johnson (1963-1968) dirigiría la política norteamericana, así como en la U.R.S.S. Leonid Breznev sustituiría a Krushev en 1964. Dichos cambios no supondrían un giro en la política de ambas naciones.

En 1968 los EE.UU, la U.R.S.S. y el Reino Unido firman el "Tratado de no proliferación de las armas atómicas", al que no se unieron las otras dos potencias nucleares: China y Francia. El año terminaría con la elección de R. Nixon (1968-1974) bajo su famoso lema de "Ley y orden". Sin embargo, en el desarrollo de las relaciones internacionales, fue aún más importante el comienzo en 1969 de las negociaciones sobre la limitación de armas estratégicas, que finalmente llegaron a la firma en Moscú del "Acuerdo SALT I" (*Strategic Arms Limitation Talks*). Este tratado ponía límite a la construcción de armamentos estratégicos, fijando el número de misiles intercontinentales y de misiles instalados en submarinos. También prohibía prácticamente el establecimiento de sistemas de defensa antimisiles. Era un claro ejemplo de cómo ambas potencias pretendían equilibrar la balanza del terror sembrado en la población, parecía que asegurar la mutua destrucción era la única forma de impedir el conflicto. Otro factor clave en la distensión política fue el desarrollo del comercio entre bloques, los soviéticos necesitaban importar tecnología de Occidente, pero también cereales de EE.UU. para abastecerse, hecho claramente beneficioso para los agricultores norteamericanos, cuyas dificultades para vender su producto en el mercado mundial estaban incrementando.

2.1.4. La nueva Guerra Fría.

No hay acuerdo entre los historiadores en señalar un único factor detonante para el recrudecimiento de la guerra fría, pero es un hecho que la crisis económica de 1973, el escándalo del "Watergate" en 1.974 o la derrota norteamericana en Vietnam en 1975 crearon una dinámica favorable para una nueva expansión soviética que inmediatamente agudizó la tensión internacional.

Es en este último año el señalado como el comienzo de este nuevo período de tensión, aunque, paradójicamente en 1975 tuvo lugar uno de los símbolos más claros de la distensión que se vivía, la Conferencia de Seguridad y Cooperación en Europa celebrada en Helsinki. El Acta, firmada por 35 países (incluidos EE.UU. y la U.R.S.S.), fue un claro paso al frente en la mejora de las relaciones internacionales entre norteamericanos, europeos y soviéticos. Sus principios hablaban de la abstención de recurrir a la amenaza o al uso de la fuerza, la inviolabilidad de las fronteras, la no intervención en los asuntos internos, el respeto de los derechos humanos, la cooperación entre estados...

Pero en 1979 el gobierno soviético decide intervenir en el establecimiento de un gobierno, que garantizase el orden y mantuviera al país dentro de la esfera de control soviético, en Afganistán. La O.N.U. y los Países No Alineados condenan la invasión. EE.UU. y sus aliados llevan a cabo una contraofensiva ayudando así a la guerrilla islámica. Tenía lugar un nuevo estado de tensión.

El último período en la dirección soviética de un ya anciano Breznev va a ser testigo de una engañosa expansión, pues a mediados de la década de los 80 el modelo comunista de la Unión Soviética y sus satélites daban signos de colapso. Es en 1985 cuando el entonces secretario general de la U.R.S.S. Mijaíl Gorbachov da comienzo a una política económica aperturista con la intención de salvar el sistema y aliviar el descontento social. De poco sirvió, pues la Unión Soviética terminó por derrumbarse para terminar siendo disuelta en 1991 tras un fallido golpe de estado.

La Guerra Fría había llegado a su fin.

2.2. EE.UU. en los años 60.

Tras este breve, pero intenso, análisis del entorno internacional propiciado por las tensiones políticas entre bloques, es necesario realizar un enfoque más preciso de qué es lo que ocurría durante este período en el seno de los Estados Unidos, donde tiene lugar el descubrimiento que nos acontece.

La II Guerra Mundial había supuesto una fuerte inyección económica para el país, pasando su P.N.B. (Producto Nacional Bruto) de 200.000 millones de dólares en 1940 a valer más de 500.000 millones en 1960. Además en la primera mitad de siglo, se produjo el mayor flujo migratorio de la historia, con la llegada en poco más de cincuenta años de 40 millones de inmigrantes, que favoreció considerablemente el crecimiento económico vía agricultura e industria, pues supuso un influjo social de mano de obra de bajo coste.

Durante la presidencia de Eisenhower se puso fin a la Guerra de Corea y se eliminaron los comités de investigaciones y las actitudes represivas, y a base de contener la inflación, de suprimir los controles económicos y de equilibrar los presupuestos de Estado se inició un auténtico proceso de despegue económico.

La supremacía económica de los Estados Unidos en el mundo era incuestionable, importantes analistas internacionales llegaron a temer por una posible apropiación de la mayoría de las grandes empresas europeas debido al crecimiento desmesurado de la industria norteamericana, especialmente la industria automotriz, de aviación y la electrónica. También es un factor determinante en este crecimiento la explosión demográfica que tuvo lugar a nivel mundial.

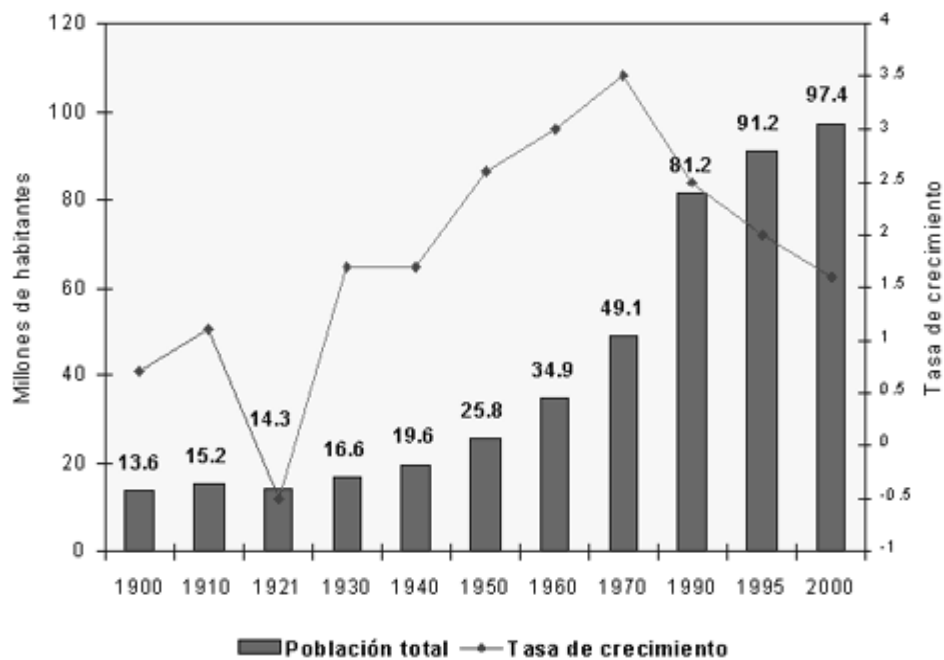


Fig.2.2. Gráfica crecimiento población total y tasa de crecimiento S.XX.

El crecimiento demográfico fue acompañado de la expansión de los núcleos urbanos, las ciudades supusieron la llegada de una nueva demanda de bienes y servicios, que fue colmada con la aparición de un mercado masivo que representaba el más puro capitalismo. El consumismo se asentaba en la sociedad estadounidense y con el tiempo se convertiría en una auténtica forma de vida para sus ciudadanos. Estados Unidos era (y es) una nación con independencia para autoabastecerse en casi la totalidad de los productos.

En la década de los 60, como hemos podido observar, fueron cuatro los presidentes que pasaron por la Casa Blanca y cabe destacar que el cambio en la mentalidad de la sociedad norteamericana probablemente haya sido el más radical que jamás se haya observado en un período de tiempo tan corto.

Kennedy comenzaría una guerra en Vietnam para ganarse "el alma y corazón" de la población, de la cual Nixon retiraría las tropas gradualmente con la intención de "salir de una manera digna" de la guerra más impopular de todas en las que ha participado los EE.UU. En medio, Johnson se esforzó por crear "la gran sociedad", una en la que el Estado no se limitara a subsanar y satisfacer las necesidades de la población sino a mejorar la calidad de vida, incluyendo el acceso al poder para los

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

negros y la posibilidad de que todos ejerzan sus derechos políticos y civiles. Sin embargo, a su vez se estaba produciendo un fuerte incremento de los enfrentamientos políticos y sociales en el país, que dieron lugar a la aparición de movimientos "extremistas" en pro de la igualdad entre negros y blancos. Pese a que el presidente Johnson conseguiría la aprobación de leyes sobre igualdad de derechos civiles, las disputas en la calle no cesaron y provocaron el asesinato de Malcom X en 1965 y de Martin Luther King en 1969. Quedaba un largo recorrido en la erradicación de los hábitos racistas arraigados en la sociedad norteamericana.



Fig.2.3. Martin Luther King junto al líder afroamericano Malcolm X en su única foto juntos en Washington D.C tras una rueda de prensa del reverendo. 1964.

Entre este descontento, la protesta encontró un terreno propicio para su difusión en los campus universitarios y en movimientos juveniles y feministas, asumiendo una dimensión ideológica liberal, pacifista y anticomunista. Muchos de los científicos que daremos a conocer en este trabajo poseían tales ideales, pese a trabajar para el gobierno. Fue un período en el cual por una vez en la historia, los jóvenes fueron el presente y no el futuro de la sociedad. La brutal guerra en Vietnam, el racismo, la opresión en la educación o el avance del comunismo fueron los factores más determinantes en la aparición de los llamados movimientos sociales contraculturales. Donde grupos de personas desafían y rechazan duramente las normas de la cultura dominante, no se sienten a gusto con el sistema que los rige y tratan de cambiarlo. De entre estos movimientos el más popular sin ninguna duda fue el movimiento "*hippie*", caracterizado por el lema de "haz el amor y no la guerra" y que condenaba el materialismo, la violencia, la burocracia o el segregacionismo racial que existía en la sociedad de aquella época.

Por otro lado, el énfasis competitivo internacional en tecnología y ciencia aceleró el crecimiento y desarrollo de agencias de investigación como ARPA, NASA o NSF, las cuales tuvieron la ayuda necesaria para obtener resultados gracias a Programas de Apoyo Institucional.

En la siguiente tabla vemos como el Estado Federal distribuía el presupuesto fiscal para investigación y desarrollo. En los datos expuestos se están omitiendo las cantidades destinadas a otros Departamentos de Estado como Sanidad, Comercio, Transportes, Educación o Agricultura, pues

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

interesa centrarse en las cantidades destinadas especialmente al Departamento de Defensa y a las diferentes agencias de investigación del país. Puntualizar que en la última fila de cada año se encontraría ARPA, compartiendo lugar con RAND Corp. entre otras.

AÑO FISCAL	AGENCIA	GASTO EN I + D TOTAL	INVESTIGACIÓN		DESARROLLO
			BÁSICA	APLICADA	
1958	TODAS LAS AGENCIAS	4.906.015	334.543	744.264	3.490.915
	DEPARTAMENTO DE DEFENSA	3.480.278	111.020	378.008	2.914.250
	COMISIÓN ENERGÍA ATÓMICA	828.608	72.034	58.926	513.043
	ADMINISTRACIÓN DE ENERGÍA I+D	-	-	-	-
	NASA	97.326	25.600	40.800	10.658
	NSF	41.475	32.834	0	750
	OTRAS AGENCIAS	25.990	827	8.287	11.912
1962	TODAS LAS AGENCIAS	11.069.059	986.314	2.018.481	7.285.152
	DEPARTAMENTO DE DEFENSA	6.816.495	204.073	1.107.352	5.411.442
	COMISIÓN ENERGÍA ATÓMICA	1.315.991	191.565	55.128	782.502
	ADMINISTRACIÓN DE ENERGÍA I+D	-	-	-	-
	NASA	1.684.231	196.310	249.850	993.048
	NSF	169.637	103.897	0	10.046
	OTRAS AGENCIAS	33.382	4.701	18.895	7.605
1966	TODAS LAS AGENCIAS	16.178.640	1.579.181	3.081.066	10.660.087
	DEPARTAMENTO DE DEFENSA	7.099.047	262.433	1.586.851	5.174.363
	COMISIÓN ENERGÍA ATÓMICA	1.441.647	280.935	89.932	841.510
	ADMINISTRACIÓN DE ENERGÍA I+D	-	-	-	-
	NASA	5.327.403	298.960	448.441	4.302.605
	NSF	323.083	222.552	1.897	19.220

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

	OTRAS AGENCIAS	131.657	14.965	39.545	76.638
1970	TODAS LAS AGENCIAS	15.863.385	1.925.908	2.974.890	10.438.139
	DEPARTAMENTO DE DEFENSA	7.500.949	317.013	1.012.887	6.030.468
	COMISIÓN ENERGÍA ATÓMICA	1.611.889	286.661	146.448	912.872
	ADMINISTRACIÓN DE ENERGÍA I+D	-	-	-	-
	NASA	3.833.362	357.530	672.687	2.769.729
	NSF	312.313	244.977	29.812	14.189
	OTRAS AGENCIAS	378.886	27.774	136.421	212.532
1974	TODAS LAS AGENCIAS	18.176.457	2.387.681	3.787.559	11.234.888
	DEPARTAMENTO DE DEFENSA	8.509.516	302.943	1.131.465	6.985.978
	COMISIÓN ENERGÍA ATÓMICA	-	-	-	-
	ADMINISTRACIÓN DE ENERGÍA I+D	1.881.567	269.504	195.244	1.024.154
	NASA	3.100.528	305.857	539.810	2.156.505
	NSF	568.084	415.217	105.039	31.157
	OTRAS AGENCIAS	461.426	38.287	246.922	160.619

Fig.2.4. Tabla Inversión Federal en I+D entre 1958-1974. Los datos expresados en miles de dólares.

Primero resaltar cómo entre 1958 y 1966 el presupuesto total destinado a I+D se dobla dos veces, condición inmejorable para el crecimiento técnico y tecnológico de un país, y hecho rara vez visible a lo largo de la historia. La presión que suponía una posible guerra frente a los soviéticos sin duda permitió tales gastos. La tendencia en los presupuestos en este período es sin duda creciente, salvo rara excepción, el desmesurado crecimiento económico que sufre el país se ve también reflejado en su inversión en la investigación en diversos campos.

Estados Unidos poseía el caldo de cultivo para desarrollar cualquier tecnología en cuanto a millones de dólares, y normalmente las únicas barreras que se interponen en la culminación de proyectos tecnológicos suelen ser la económicas, más que las sociales o las políticas. Que Internet apareciera en este país no es ni mucho menos casualidad.

Capítulo 3. Avances tecnológicos. Estado del arte.

- 3.1. Primera generación de ordenadores (1951-1958)
 - 3.1.1. Tubos de vacío
- 3.2. Segunda generación de ordenadores (1959-1964)
 - 3.2.1. El transistor
- 3.3. Tercera generación de ordenadores (1965-1971)
 - 3.3.1. Circuitos integrados
- 3.4. Cuarta generación de ordenadores (1972-1988)
 - 3.4.1.- El microprocesador
- 3.5.- Quinta generación de ordenadores (1951-1958)

3. Avances tecnológicos. Estado del Arte.

Paralelamente a todos estos cambios sociales, también se estaba produciendo un fenómeno, quizás no bien comprendido en su momento, que no es otro que el desarrollo científico y tecnológico, cuyo resultado fue la transformación de las telecomunicaciones y de la informática a niveles no imaginados. También hubo un trepidante avance en ciencias como la biología, la física y la química que supondrían la clave en el desarrollo de materiales no conocidos apropiados para la fabricación de todo tipo de nuevos artefactos.

La industria tuvo un enorme crecimiento en diversos sectores gracias a la mejora de, por ejemplo, los materiales de construcción o los sistemas de producción en serie. Inventos como la tarjeta de crédito, el código de barras, la fibra óptica o el satélite artificial tuvieron lugar entre las décadas de los 50 y los 60. Sin embargo, en base al tema que nos ocupa, centraremos este apartado en tratar de desarrollar una línea evolutiva de ordenadores y componentes, así como de la electrónica usada, con el fin de poder narrar a posteriori cómo apareció Internet sin desviarnos demasiado con conceptos relacionados a la tecnología usada.

Se ha mencionado previamente cual fue la primera computadora totalmente electrónica, la ENIAC, construida a principios de los años 40, ahora comenzaremos el análisis un poco después, en la década de los 50.

3.1. Primera generación de ordenadores (1951-1958).

Su principal característica era el empleo de tubos de vacío o bulbos para procesar la información.

3.1.1. Tubos de vacío.

Son dispositivos electrónicos consistentes en una cápsula de vacío de acero o vidrio, con dos o más electrodos, entre los cuales pueden moverse libremente los electrones.

El tubo de dos electrodos (diodo) contiene el cátodo, filamento caliente o pequeño tubo de metal también caliente que emite electrones, y el ánodo, una placa que colecta electrones. Los electrones emitidos por el cátodo son atraídos por la placa sólo cuando ésta es positiva respecto al cátodo, es decir, si se aplica un potencial alterno a la placa, la corriente pasará por el tubo solamente durante la mitad positiva del ciclo, actuando como un rectificador.

La introducción de un tercer electrodo, llamado rejilla, interpuesto entre cátodo y ánodo, formaría un tríodo, utilizado para la amplificación de corriente. La rejilla, normalmente una red de cable fino que rodea el cátodo, controla el flujo de corriente. La capacidad de amplificación del tríodo depende de los pequeños cambios de voltaje entre la rejilla y el cátodo, que causan grandes variaciones en el número de electrones que alcanza el ánodo.

Los tetrodos disponen de una rejilla adicional, próxima al ánodo, interponiéndose entre este y la primera rejilla. Previene la realimentación de la misma en aplicaciones de alta frecuencia y proporciona mayor amplificación de corriente. Los tubos con más rejillas, pentodos, hexodos, heptodos y octodos se usan como convertidores y mezcladores de frecuencias en receptores de radio.

* * *

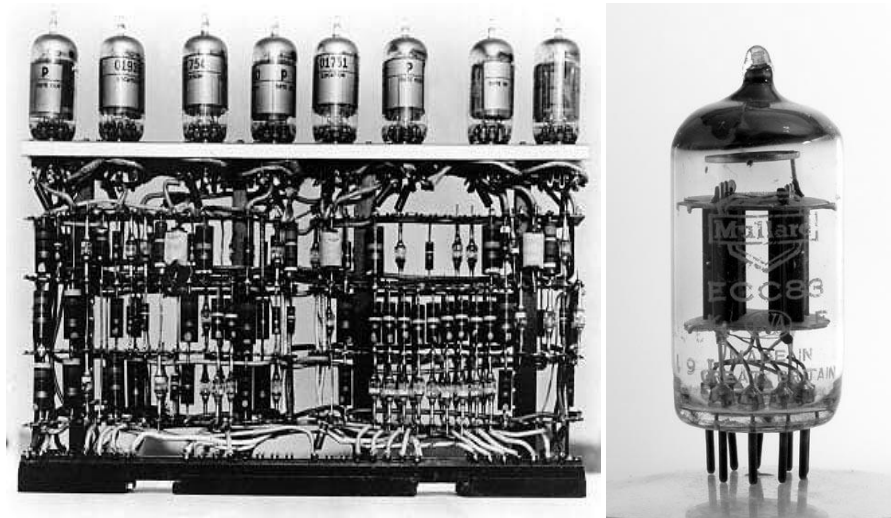


Fig.3.1. Ejemplo de válvulas de vacío: integradas y por separado.

En estos ordenadores los operarios ingresaban los datos y programas de forma secuencial en código máquina (unos y ceros) por medio de tarjetas perforadas. El almacenamiento interno se lograba con un tambor que giraba rápidamente, sobre el cual un dispositivo de lectura/escritura colocaba marcas magnéticas.

Eran ordenadores de gran tamaño y generaban mucho calor, a menudo se quemaban los bulbos por ello, de modo que contaban con mecanismos de control de temperatura para disipar el calor que algunos componente llegaban a tener.

Estas máquinas estaban diseñadas para procesar enormes cantidades de información en poco tiempo y realizaban una tarea específica, como por ejemplo:

- Búsqueda de yacimientos petrolíferos gracias a grandes bases de datos sísmicos.
- Estudio y predicción de tornados.
- Elaboración de maquetas y proyectos para la creación de aviones.
- Simuladores de vuelo.
- Búsqueda y estudio de energías y de armas nucleares.

Así mismo los superordenadores de esta generación son los más caros de la historia, con precios del orden de millones de dólares. Sin embargo pese a su precio y sus limitaciones funcionales, fueron aceptados rápidamente por compañías privadas y de gobierno. Empresas como I.B.M. o Remington Rand no tardaron en alcanzar una viabilidad comercial y en consolidarse como líderes en la fabricación de ordenadores.

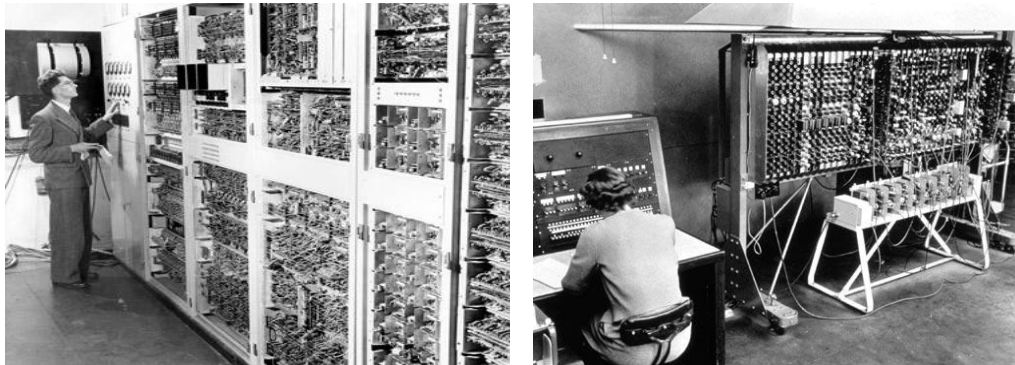


Fig.3.2. Ejemplo de ordenadores de primera generación.

3.2. Segunda generación de ordenadores (1959-1964).

El invento del transistor hizo posible una nueva generación de ordenadores, más rápidos, más pequeños y con menores necesidades de ventilación.

3.2.1. El transistor.

Podríamos afirmar que la historia del transistor empieza con los descubrimientos de científicos del siglo XIX como Maxwell, Hertz, Faraday o Edison, con respecto a la electricidad, pero lo cierto es que son John Bardeen, Walter Houser Brattain y William Bradford Shockley quienes lo inventaron en los Laboratorios Bell en 1947 y también quienes fueron galardonados con el Premio Nobel de la Física en 1956 por ello.

El transistor consta de un sustrato (normalmente silicio) y de tres partes dopadas artificialmente que forman uniones bipolares. El emisor inyecta portadores (electrones) y el colector los recibe. Entre ambos se encuentra la base, que modula el paso de dichos portadores. A diferencia de las válvulas de vacío, el transistor es un dispositivo controlado por corriente y del que se obtiene una corriente amplificada. Su descubrimiento fue posible gracias a los avances sobre las propiedades de los cristales, materiales semiconductores con unas propiedades muy peculiares, entre conductores y aisladores.

Sus principales ventajas respecto a los tubos de vacío eran: facilidad en su fabricación, tamaño, disminución del gasto energético, funcionamiento a temperaturas menores y el ahorro de espera, pues no era necesario que se calentase para trabajar.

* * *

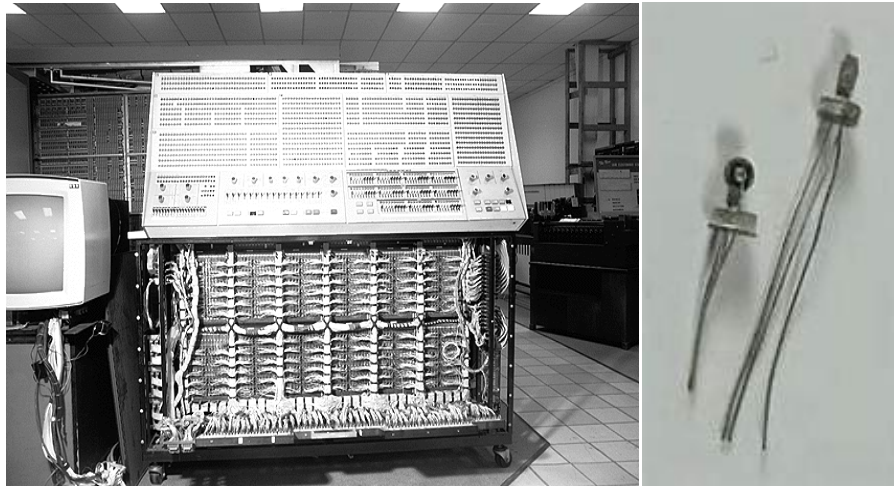


Fig.3.3. Ejemplo de transistores: integrados y por separado.

Los ordenadores de segunda generación utilizaban redes de núcleos magnéticos en lugar de tambores giratorios para el almacenamiento primario, estos núcleos contenían pequeños anillos de material magnético (*cores*), enlazados entre sí, en los cuales podían almacenarse datos e instrucciones. Los programas también mejoraron, podían transferirse de un ordenador a otro con un mínimo esfuerzo y escribir un programa ya no requería entender plenamente el *hardware* de la computación.

Se usaron para un gran número de nuevas aplicaciones:

- Control de tráfico aéreo.
- Simulaciones para uso general.
- Tareas de almacenamiento de registros en empresas, como inventarios, nóminas y contabilidad.

HoneyWell se colocó como el principal competidor de I.B.M. y junto con Burroughs, Univac, N.C.R. y C.D.C. se conocieron como el grupo "BUNCH" debido a sus siglas.

3.3. Tercera generación de ordenadores (1964-1971).

Emergieron con el desarrollo de los circuitos integrados, en los cuales pueden colocarse miles de componentes electrónicos.

3.3.1. Circuitos integrados.

Los transistores, de uso común en todo tipo de aparatos eléctricos, estaban ya en el límite de lo que la mano y las pinzas diminutas podrían manejar, pero para algunos no eran lo suficientemente pequeños.

Como ha ocurrido y veremos volverá a ocurrir, la idea del circuito integrado surgió casi simultáneamente en dos lugares distintos, es decir, dos personas llegaban a la misma conclusión, un

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

circuito entero podía construirse sobre una placa de cristal, haciéndolo más pequeño y más fácil de producir.

Se trata de Jack Kilby, ingeniero eléctrico de *Texas Instruments*, y Robert Noyce, cofundador de *Fairchild Semiconductor* y de *Intel*. Pese a que fue Kilby quien solicitó primero la patente, Noyce resultó ser más detallado y consiguió esta antes de que terminaran de analizar la aplicación de Kilby. Ambos son reconocidos como inventores del circuito integrado por haber concebido la idea independientemente.

* * *

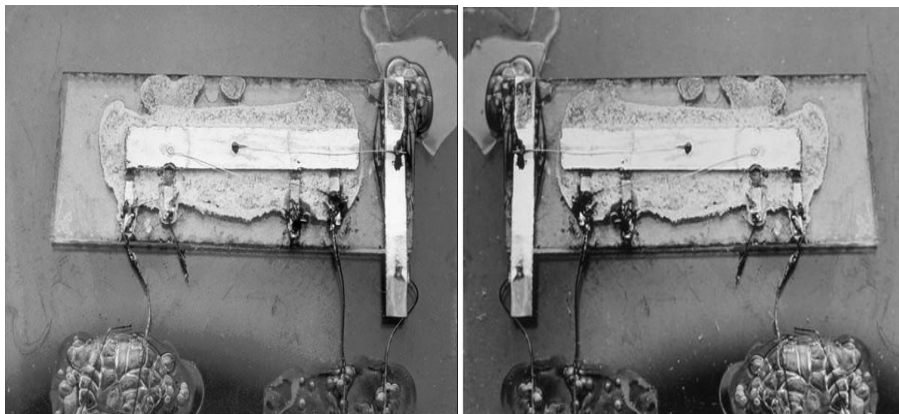


Fig.3.4. A la izda. el circuito integrado de Noyce, a la dcha. el de Kilby.

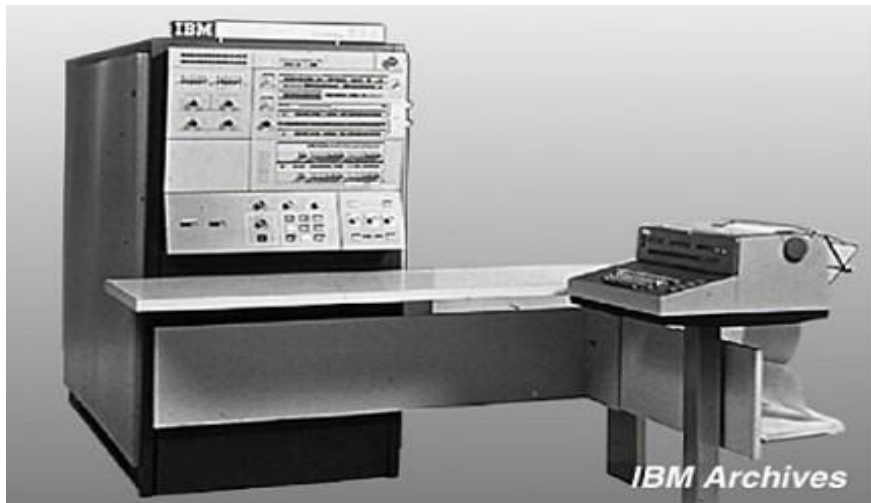


Fig.3.5. Ejemplo de ordenador de tercera generación. IBM 360.

Nuevamente los ordenadores se tornaron más pequeños y más rápidos, desprendían menos calor y eran energéticamente más eficientes.

Los circuitos integrados permitieron a las compañías incrementar la flexibilidad de los programas y estandarizar sus modelos. La *IBM 360*, uno de los primeros ordenadores comerciales que usó circuitos integrados, podía realizar tanto análisis numérico como administración o procesamiento de archivos. Se trabajaba a tal velocidad que comenzó a desarrollar la *multiprogramación*, donde más de un programa se ejecutaba simultáneamente.

Este ordenador lanzado por I.B.M. acaparó el 70% del mercado, para evitar una competencia directa, *Digital Equipment Corporation* (DEC) redirigió sus esfuerzos hacia la fabricación de ordenadores más pequeñas.

I.B.M. creó durante esta época una serie de macro ordenadores conocidos como *mainframes*, grandes, rápidos y caros sistemas capaces de controlar cientos de usuarios simultáneamente, así como cientos de dispositivos de entrada y salida. Ocupaban cuartos completos o hasta en algunos casos plantas de edificio enteras.

3.4. Cuarta generación de ordenadores (1971-1988).

Dos mejoras tecnológicas marcan el inicio de esta generación: el reemplazo de las memorias con núcleos magnéticos por las de chips de silicio y la colocación de muchos más componentes en un chip, producto de la micro miniaturización de los circuitos electrónicos.

3.4.1. El microprocesador.

El primer microprocesador fue el *Intel 4004*, producido en 1971. Originariamente se desarrolló para una calculadora y resultó ser algo revolucionario para su época. Contenía 2.300 transistores, en un microprocesador de 4 bits que sólo podía realizar 60.000 operaciones por segundo.

El microprocesador es un circuito electrónico que actúa como unidad central de proceso de un ordenador, proporcionando el control de las operaciones de cálculo. También se utilizan en otros sistemas informáticos avanzados como impresoras, automóviles o aviones. Consta de varias secciones diferentes: la unidad aritmético-lógica (A.L.U.) efectúa cálculos con números y toma de decisiones; los registros son zonas de memoria especiales para almacenar información temporalmente; la unidad de control descodifica los programas; los buses transportan información digital a través del chip y de la computadora y la memoria local se emplea para los cálculos realizados en el mismo chip. Existen otros más complejos con más secciones, pero tan sólo se pretende realizar una breve presentación de estos, sin profundizar en ello más allá de lo que nos ocupa.

* * *

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

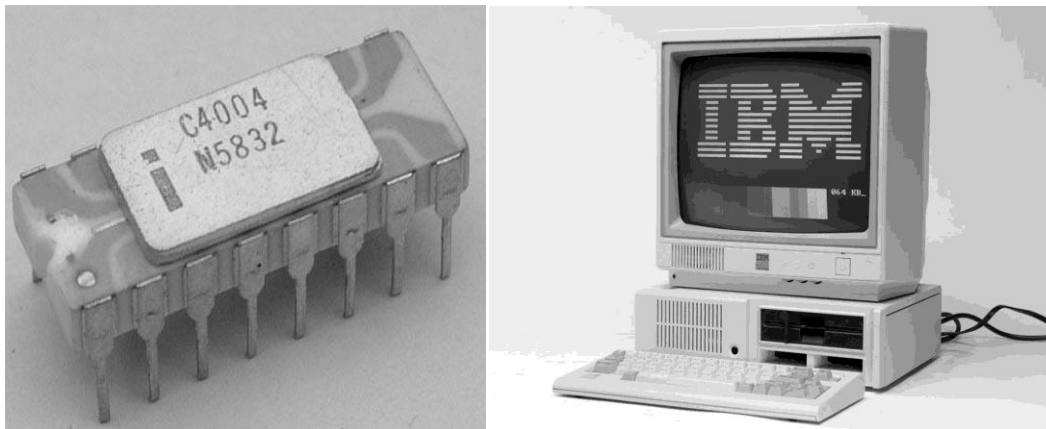


Fig.3.6. Microprocesador Intel 4004. Ejemplo ordenador cuarta generación.

El tamaño reducido del microprocesador de chips hizo posible la aparición de los ordenadores personales (PC). Dicho término deriva del modelo *IBM PC* que la propia compañía sacó a la venta en 1981, pues era un ordenador perfecto para uso "personal", el término "PC" se estandarizó y los clones que se fueron sacando posteriormente otras empresas fueron llamados así.

Aparecen ordenadores con arquitectura abierta, gráficos a color, periféricos, diferentes sistemas operativos... hasta el primer ordenador enfocado totalmente al uso de servidor de red, la *Data General AViiON*.

3.5. Quinta generación.

Finalmente nos encontramos con la generación de ordenadores "actuales", entendiendo por estos aquellos que comienzan a comercializarse en la década de los 80, aunque como parece obvio, carece de sentido comparar un ordenador de entonces con uno realmente actual, en cuanto a prestaciones. Se caracterizan por el uso de nuevas herramientas relacionadas con la inteligencia artificial, siendo sistemas expertos capaces de realizar diagnósticos médicos, reparación de equipos, análisis de inversiones, elección de rutas para vehículos, ofertas de contrato... Además como veremos en este trabajo, todos ellos van a estar integrados en redes de comunicación.

La tecnología cambia rápidamente, en la actualidad hablamos de microprocesadores de millones de transistores y con varios núcleos, de dimensiones del orden de micras, gracias a las mejoras en técnicas de litografía de rayos X (impresión de circuitos integrados), y cuyas limitaciones empiezan a estimarse que serán el propio comportamiento de los electrones al circular por los transistores. Claro que la técnica cambiará y se pasará a una fabricación a nivel atómico o molecular para la elaboración de los futuros chips.



Fig.3.7. Ejemplo de ordenador de quinta generación.

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

Capítulo 4. El comienzo.

- 4.1. La "fundación" de A.R.P.A.
- 4.2. Invenciones coincidentes
 - 4.2.1. El camino de Paul
 - 4.2.2. El camino de Donald
- 4.3. Primer experimento
- 4.4. Metodología
- 4.5. Las bases
- 4.6. Diseñando la subred. Los IMP's
- 4.7. Comunicación entre ordenadores. Protocolos I
- 4.8. Una verdadera red

4. El Comienzo.

Situemos nuestro punto de partida en un acontecimiento que sin duda fue determinante en la aparición de A.R.P.A. (*Advanced Research Project Agency*), el lanzamiento del *Sputnik* en octubre de 1957.

4.1. La "fundación" de A.R.P.A.

Fue en un período de crisis nacional cuando se creó la Agencia, como mecanismo de respuesta rápida para asegurar que no volvieran a ser tomados por sorpresa en la "batalla tecnológica".

La idea de crear dicha Agencia, sorprendentemente surgió de un hombre de negocios dedicado a la venta de jabones, Neil McElroy. Era un recién llegado en el Centro de Defensa, que nunca había trabajado en Washington hasta que Eisenhower le contrató para trabajar en su gabinete en 1947, carecía de experiencia militar más allá del servicio obligatorio.

El 9 de octubre de 1957, cinco días después del lanzamiento del *Sputnik*, McElroy fue nombrado Secretario de Defensa. En ese momento crítico contempló la necesidad de crear un organismo científico para poder competir con los avances tecnológicos de los soviéticos.

El presidente Eisenhower vio en dicha idea una forma de cortar de cuajo las continuas rivalidades entre militares con respecto a los presupuestos y programas de investigación y desarrollo. No quería que el Pentágono estuviera encabezado por un grupo de militares experimentados, pese a que él mismo era uno, prefería rodearse con científicos, encontraba en esta comunidad inspiradoras ideas. Además, pese a no hacerlo público en su momento, tenía información detallada del estatus de los misiles rusos, gracias a unas imágenes tomadas con el avión espía U-2. Eran muchos los científicos de su entorno que desde hacía unos años le habían hablado del mal uso que el gobierno desempeñaba con la tecnología.

McElroy fue a Capitol Hill por primera vez como secretario, y expuso al Congreso que ARPA desarrollaría los programas de investigación y desarrollo dedicados a satélites espaciales. Los militares mostraron su descontento pues consideraban que un civil estaba invadiendo su terreno, sin embargo, tras una larga negociación y ceder en algunos puntos, había conseguido la aprobación, e inclusive la determinación por parte de la Agencia de los enfoques que se darían en sus investigaciones.

El 7 de enero de 1958 quedaba constituida ARPA, sin embargo para verano del mismo año la N.A.S.A. (*National Aeronautics and Space Administration*) dejaría a la agencia con 150 millones de dólares menos y sin sus proyectos espaciales y programas de misiles. El por entonces director de la Agencia, Roy Johnson dimitió, pero este hecho no fue sino una oportunidad para redefinir objetivos en la investigación con el lema de "alto riesgo, alta recompensa". En 1961 Jack P. Ruina asumía la dirección de ARPA, era el primer científico que tomaba el cargo y con él comenzaba la era dorada de la agencia, con él y con un presupuesto anual de 250 millones de dólares, que bien gestionados pronto darían sus frutos.

* * *

Sin embargo, como hemos visto al comienzo, no sería hasta 1966 cuando Robert Taylor comenzaría a desarrollar un proyecto para conectar todo tipo de ordenadores entre sí, sin importar el fabricante o el lenguaje de estos. Para entonces construir una red como fin en sí mismo no era el principal objetivo de Taylor, pues trataba de solucionar además un problema creciente en aquellos momentos, investigadores subcontratados por la Agencia estaban duplicando y aislando los costosos recursos informáticos. La demanda de recursos de esta índole crecía más rápido que el presupuesto de Taylor. Ningún recurso o resultado era fácilmente compartido. Si científicos en *Salt Lake City* realizando avances en gráficos interactivos querían usar programas desarrollados por gente del *Lincoln Laboratory*, tenían que volar hasta Boston y aún era más frustrante si tras ello gente de Utah deseaba realizar un proyecto similar, tendrían que gastar un tiempo y dinero considerables para duplicar lo que acababan de ver. Es importante considerar que por aquel entonces los programas eran como obras de arte, solo había uno de cada.

Más allá del ahorro, la idea de Taylor escondía un sentido más profundo, la capacidad de las máquinas de amplificar el poder intelectual humano, tal y como Licklider había escrito 6 años antes. Taylor disponía del dinero y del apoyo de Herzfeld (director de ARPA), pero necesitaba una persona que pudiera supervisar el diseño y construcción de dicha red, alguien que conociera el trabajo de Licklider y que además creyera en este proyecto. Cómo conseguir que funcionara la red no era lo que preocupaba a Taylor, sino que esta fuera rápida y de gran fiabilidad.

Para dicha labor, Taylor eligió a Larry Roberts, un joven científico informático que trabajaba en el *Lincoln Laboratory*, que a sus 29 años de edad era reclutado para trabajar en el Pentágono dentro de ARPA. Eso sí, antes de contar cómo Roberts llegaba a obtener dicho cargo, deberíamos conocer a dos científicos que tuvieron un rol muy destacado en el desarrollo de la red.



Fig.4.1. Robert Taylor. Lawrence Roberts. 1967.

4.2. Invenciones coincidentes.

De la misma manera que los seres vivos se ven envueltos en un proceso de mutación y selección natural, ideas en la ciencia y sus aplicaciones en la tecnología padecen algo similar. La evolución en la ciencia, como en la naturaleza, ocasionalmente da un salto de carácter revolucionario que supone un cambio en el curso del desarrollo. Nuevas ideas emergen de forma simultánea pero independiente, y así sucedió cuando llegó el momento de inventar una nueva forma de transmitir información.

A principios de los 60, antes de que Larry Roberts hubiera empezado a trabajar en la creación de una red de ordenadores, otros dos investigadores, Paul Baran y Donald Davies (completamente desconocidos entre sí y trabajando en diferentes contenidos con distintas metas) llegaron a la misma revolucionaria idea para un nuevo tipo de red de comunicaciones. La realización de sus conceptos será conocida como la "conmutación de paquetes".

4.2.1. El camino de Paul.

Paul Baran obtuvo un grado en ingeniería eléctrica en 1949, tras ello comenzó a trabajar en *Eckert-Mauchly Computer Corporation* realizando test para el UNIVAC. Por las noches fue estudiando hasta obtener un máster en ingeniería por la Universidad de UCLA en 1959. Tras ello se incorporó al departamento de ciencias informáticas dentro de la división matemática en la *RAND Corporation*.

Fue en esta empresa donde comenzó su interés por la supervivencia de sistemas de comunicación en caso de un ataque nuclear, motivado por el estado de tensión que había en aquel momento con "la Guerra Fría". Baran sabía de la peligrosa fragilidad del sistema de comando y control de lanzamiento de misiles, por lo que consideraba necesario que los sistemas de comunicación de "armas estratégicas" debían ser lo suficientemente robustos como para sobrevivir a un ataque y así mantener la capacidad de respuesta del país. A su entender, ese era el trabajo más importante que podía desarrollar.

No fue el primero en pensar de esa forma en RAND, al fin y al cabo esta corporación fue fundada en 1946, durante la 2ª Guerra Mundial, para desarrollar la capacidad de investigación de la nación, es decir, estudiar dicho problema era su labor; pero si fue de los primeros en determinar, al menos a un nivel teórico, que tal fragilidad tenía solución, y desde luego fue el primero en ver que la solución estaba en los ordenadores digitales. Era un campo emergente y pese a que en RAND trabajaban varios expertos en tecnología digital, ninguno de ellos mostró interés en su propuesta. Sin embargo, Baran continuó con sus investigaciones y su conocimiento sobre el trabajo en red se convirtió en un pequeño proyecto independiente.

Es interesante cómo tras largas charlas con Warren McCulloch, un eminente psiquiatra del MIT, sobre el cerebro humano, las conexiones que se producen en él y cómo es capaz de mover la información creando nuevos caminos dentro de las redes neurales, empezó a sacar algunas conclusiones realmente clarificadoras. Por ejemplo la noción de dividir una gran estructura vulnerable en varias partes, como mecanismo de defensa. Teóricamente era posible crear una red

con numerosas conexiones redundantes de forma parecida a una red neural, pero había una limitación técnica, todas las señales eran analógicas. Las centrales telefónicas prohibían más de cinco enlaces conectados simultáneamente, pues la calidad de la señal se deterioraba rápidamente según incrementaba el número de conexiones.

A diferencia de las señales analógicas, la información en "unos y ceros" podía ser almacenada de forma eficiente y copiada un número ilimitado de veces dentro de los circuitos de un dispositivo digital, reproduciendo los datos después de forma precisa. En un contexto de comunicaciones, la información codificada digitalmente puede pasar de un conmutador al siguiente con mucha menos degradación que en una transmisión analógica.

La solución a dichas limitaciones fue simple y dramáticamente diferente. Las conexiones telefónicas se habían construido siempre usando estaciones centrales, donde confluían todos los caminos en un único nervio central, tratándose de redes centralizadas. Otro tipo de redes eran aquellas descentralizadas, con varios nervios principales, en torno a los cuales se conectaban varias líneas. La idea de Baran constituyó una nueva aproximación al diseño de una red informática, y la llamó "red distribuida".

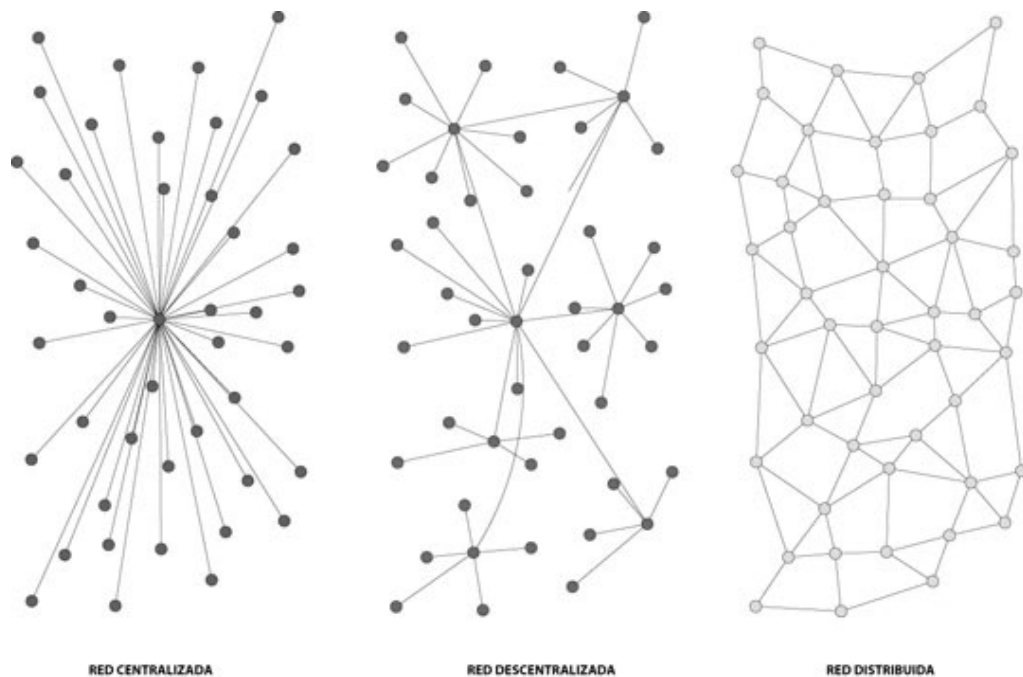


Fig.4.2. Esquemas de los tres tipos de redes.

La cuestión, en ese punto, era la redundancia de interconexión entre nodos, es decir, cuantos enlaces debería tener cada nodo para asegurar el éxito de la conexión. Tras varias simulaciones, determinó que para un correcto funcionamiento de la red debería haber 3 ó 4 conexiones en cada nodo. Incluso tras un ataque nuclear sería posible encontrar un camino por lo que quedase de red.

La segunda gran idea de Baran fue aún más revolucionaria: había que fracturar los mensajes. Dividiendo cada mensaje en partes, se podría inundar la red con lo que llamó "bloques de mensajes",

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

todos circulando por distintos caminos hacia su destino, hasta que llegaran, donde el equipo receptor los recompusiera de forma legible. Conceptualmente, esta idea no fue más que una aproximación de lo que ocurre habitualmente en empresas de cargamento y transporte. Imaginemos cada mensaje como una casa que deseamos mover cientos de kilómetros, podríamos desplazarla como una unidad, pero sería un traslado lento y cuidadoso. Sin embargo es más eficiente dividir la estructura y cargar las piezas en camiones para el traslado, usando toda la red de carreteras que hubiese disponible. Obviamente no todos los camiones optarían por recorrer el mismo camino, incluso podría llegar a ocurrir que el último paquete en salir del origen, fuera el primero en llegar al destino, pero si cada pieza tiene una etiqueta que indica su lugar dentro de la estructura, el orden de llegada realmente no importa.

En el modelo que proponía, las piezas eran denominadas "bloques de mensaje" y debían ser de un tamaño concreto. La principal ventaja de este sistema se debía precisamente al uso de una red distribuida con diferentes rutas. Cabe remarcar que el uso de este sistema, en una red de comunicación de datos supone una manera más rentable de envío de datos que el *stream* o torrente de datos, donde se desaprovecha ancho de banda, gracias principalmente a la posibilidad que ofrece a los bloques de compartir el canal. La existencia de varias rutas suponía también que los bloques no llegaran en la secuencia de lectura correcta, por lo que se debía añadir a estos una información extra que identificara a que parte del mensaje pertenecían. Baran contempló la posibilidad de que cada nodo (que sería un ordenador) fuera capaz de redirigir el mensaje sin necesidad de un punto de control central, y a la vez vulnerable. Existían tablas de rutas en cada nodo, con las mejores opciones, que se actualizaban de forma regular con información de nodos contiguos, distancias y retardos. Esto era denominado enrutamiento dinámico o adaptativo.

Se puede vislumbrar de forma clara y concisa cómo conceptos clave se iban desgranando por parte de Paul Baran en RAND, sin embargo conseguir apoyo era otra tarea diferente. Para llevar a cabo su experimento necesitaban la colaboración de AT&T (*American Telephone & Telegraph Corporation*), quienes no sólo no colaboraron, si no que afirmaron que tal proyecto no podría llevarse a cabo.

En 1965, cinco años después de embarcarse en su proyecto, Baran contaba con total apoyo por parte de RAND, quienes enviaron una petición formal a las Fuerzas Aéreas para construir una red distribuida, primero dentro de un programa de I+D y después como un sistema totalmente operativo. Estas accedieron, pero aún necesitaban el apoyo logístico (el soporte) de AT&T, quienes continuaron con su negativa pese a el ofrecimiento de pagarles por la construcción y mantenimiento de la red. En el Pentágono, donde se negaban a que el proyecto se quedara sobre el papel, crearon la D.C.A. (Agencia de Defensa de Comunicaciones) para llevar a cabo la construcción de la red, pero tan sólo formaron un grupo de "neandertales" que no mostraban más interés del que mostró AT&T. Finalmente Paul Baran contactó con colegas del Pentágono para que se abortara el programa, como recalcó en aquel momento: "Habría sido una enorme pérdida de dinero del gobierno...", por supuesto llevarlo a cabo con el equipo erróneo.

4.2.2. El camino de Donald.

En Londres, en aquel mismo año (1965), después de que Baran abandonara el trabajo en su proyecto, Donald Watts Davies, físico del *British National Physical Laboratory* (NPL), escribía la primera de varias notas personales donde exponía varias ideas sobre una nueva red de ordenadores. Davies necesitaba algo de tiempo para validar sus conceptos, fue en la primavera del año siguiente cuando decidió hacer una lectura en público describiendo como enviar pequeños bloques de datos, que llamó "paquetes" a través de una red de almacenamiento y envío digital. Al finalizar el seminario, un hombre del Ministerio de Defensa se acercó a él y le habló de un trabajo muy similar que estaba siendo llevado a cabo en RAND por parte de Paul Baran.

Davies fue un estudiante destacado, obtuvo un grado en matemáticas y en físicas a temprana edad. En 1947 comenzó a trabajar en el NPL en un grupo encargado de desarrollar el ordenador digital más veloz de Inglaterra por aquel entonces, el "PilotACE". Años más tarde obtendría una beca anual para trabajar en el MIT, a su regreso ascendió considerablemente, hasta que tras su descripción de la "conmutación de paquetes", se convirtió en máximo exponente de la división informática.

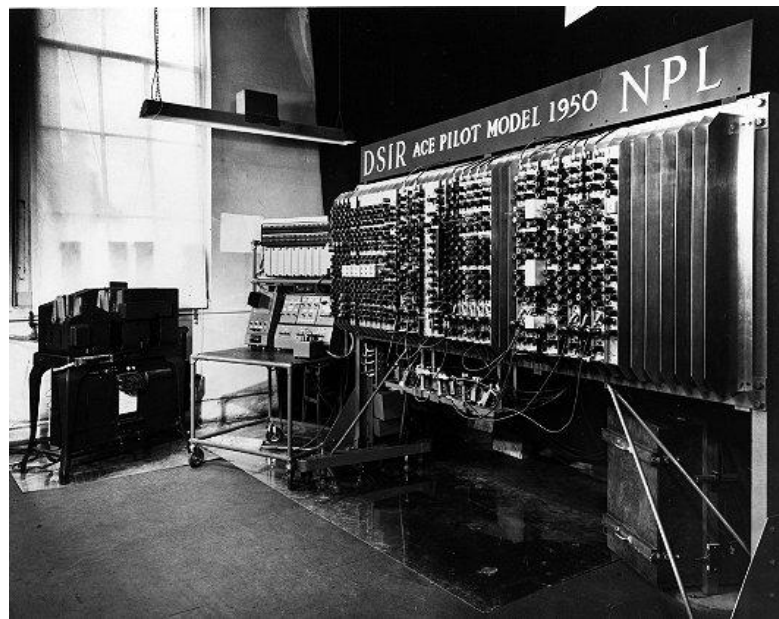


Fig.4.3. Ordenador PilotACE del NPL. 1950.

La similitud entre su trabajo y el de Baran era chocante, no sólo las ideas eran prácticamente las mismas, habían elegido el mismo tamaño para los paquetes y la misma tasa de transmisión de datos, hasta el esquema de enrutamiento adaptativo se diferenciaba tan solo en detalles. La principal diferencia entre ambos era sin duda el motivo por el cual habían alcanzado tales logros. Davies carecía de interés militar, simplemente quería crear una nueva red pública de comunicaciones, que permitiera desempeñar una informática interactiva a larga distancia, y que además sería más veloz y eficiente que los sistemas existentes. Su principal motivación era encontrar un diseño de red para el tráfico de los nuevos tipos de datos, puesto que la red telefónica no cumplía con las características. A

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

diferencia de Baran, Davies se centró en la configuración de los bloques de datos, así como en la necesidad de sobreponerse a diferentes lenguajes de máquina y procedimientos que existirían en dicha red pública. Para salvar las diferencias entre los distintos ordenadores empezó a remarcar las funciones de un dispositivo intermedio que serviría para separar, transportar y juntar mensajes para el resto de las máquinas. La idea de separar en bloques fijos de datos, la obtuvo gracias al estudio de sistemas de tiempo compartido (*time-sharing*) en el MIT.

Por entonces, y con el apoyo de la *British Telecommunications*, fue animado a encontrar financiamiento para una red experimental en el NPL.

Años más tarde Davies conoció a Baran, confesándole que se sintió algo cohibido al escuchar sobre su trabajo una vez acabado el suyo, pero que pese a que él llegó a la idea antes, fue Davies quien obtuvo el mérito de poner el nombre: la conmutación de paquetes.

4.3. Primer experimento.

La curiosidad de Larry Roberts por las posibilidades que ofrecían los ordenadores en red proviene de una conferencia que tuvo lugar en Homestead, Virginia en 1964, donde Roberts, Licklider y otros científicos estuvieron hasta altas horas de la madrugada hablando sobre el potencial que había en dichas redes.

Un año más tarde tuvo su primera oportunidad de trabajar en un experimento real conectando dos ordenadores separados por una gran distancia. Fue el fundador de una pequeña empresa, la *Computer Corporation of America* dedicada a la investigación del *time-sharing*, Tom Marill quien propuso a ARPA realizar un experimento de conexión en red entre el TX-2 del *Lincoln Laboratory* y el SDC Q-32 en Santa Mónica. La CCA era una empresa pequeña, pero ARPA accedió a realizar dicho experimento puesto que contaba con la tutela del *Lincoln Laboratory*. Larry Roberts sería el hombre del MIT a cargo de supervisar dicho proyecto.

El objetivo era crear un espacio común destinado al intercambio de programas, experiencia o ideas. En la informática de aquellos años se estaban desarrollando varios proyectos similares, pero cada uno siguiendo su propia dirección, por lo que se estaban desaprovechando los recursos disponibles. La conexión entre ordenadores se llevó a cabo gracias a un cableado de cuatro hilos con servicio dúplex (sistema que permite una transmisión bidireccional de forma simultánea) proporcionado por la *Western Union*. Los ordenadores se unieron gracias a un módem primitivo, que operaba a 2.000 bps y que llamó "dial automático". Conectando directamente los ordenadores, Marill se topó con el problema de la incompatibilidad entre ambos. Aunque no se podía transferir mensajes hacia delante o atrás, el experimento permitió enviar mensajes a través de dicha conexión. Marill estableció un procedimiento para agrupar los caracteres en los mensajes, enviarlos y comprobar si el mensaje había llegado. A este procedimiento de envío de mensajes lo denominó protocolo, término usado en diplomacia.

A principios de 1966, se elaboró un informe resumiendo los principales resultados del experimento, donde se deducía que no debería haber obstáculos insalvables en el desarrollo de la conexión. Pese a ello, ciertos aspectos a mejorar: la fiabilidad y el tiempo de respuesta eran pésimos.

4.4. Metodología.

Finalmente Larry Roberts llegaba al Pentágono en diciembre de 1966, con una labor de mayor envergadura, conectar no dos, sino una matriz de ordenadores, cada uno con distintas características. Por lo menos contaba con un amplio círculo de colegas con los que podía contar para llevarlo a cabo.

El primer paso fue establecer en la Universidad de California (UCLA), en Los Ángeles, el Centro de Medidas de Red donde Leonard Kleinrock, experto en materia de conmutación de paquetes y antiguo compañero de Roberts, desempeñaría la función de testeo de red.

Los principales asuntos a mejorar en aquel entonces eran aquellos que peores resultados dieron en el experimento que Roberts supervisó. Reunieron a los principales investigadores de ARPA en Ann Harbour, Michigan en 1967; Taylor y Roberts les expusieron su idea de conectar ordenadores, la cual no fue recibida con demasiado entusiasmo. Investigadores de la costa Este no veían el por qué iban a querer estar conectados con los de la costa Oeste, además parecía imposible estandarizar los protocolos de comunicación. Justo antes de que terminara la reunión, Wes Clark le pasó una nota a Roberts que decía "tienes la red al revés". De camino al aeropuerto Clark expuso su idea, debían insertar pequeños ordenadores entre cada servidor y las líneas de transmisión de la red (conclusión a la que casualmente también llegó Davies en Inglaterra). Se crearía una subred de nodos idénticos interconectados, que usarían el mismo lenguaje y se encargarían del enrutamiento de los mensajes. Con esto además los servidores solo tendrían que ajustar su lenguaje una vez. Roberts preguntó a Clark que quién podría desarrollar tal aparato, su respuesta fue contundente: Frank Heart.

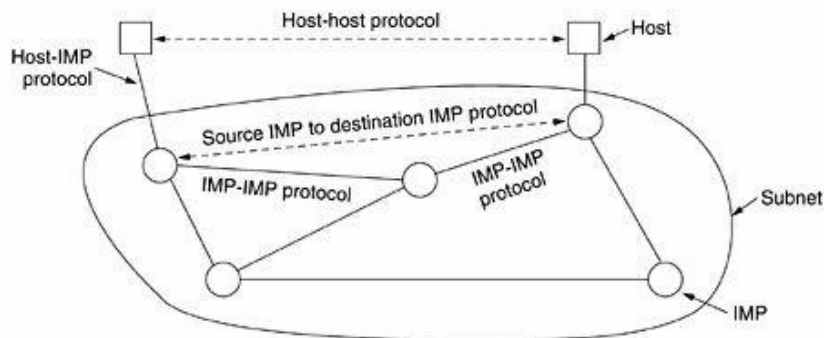


Fig.4.4. Ejemplo del esquema propuesto por Wes Clark.

Roberts conocía a Heart del *Lincoln Laboratory*, trabajaba allí junto con su mujer, pero por lo que tenía entendido, en ese momento estaba trabajando en *Bolt Beranek and Newman* en Cambridge. A pesar de la recomendación recibida, ARPA trabajaba para el gobierno y tenían ciertos criterios de contratación. Al llegar a Washington, redactó un memorándum con las ideas de Clark para desarrollar lo que llamó "Procesador de Interfaz de Mensajes" (IMP), que serán conocidos como *imps*.

A finales de ese mismo año, tuvo lugar otra conferencia sobre informática en Gatlinburg, Tennessee allí se presentó por primera vez la "ARPAnet", así como la subred de *imps* que necesitaría, sin entrar en muchos más detalles. Otra presentación fue llevada a cabo por Roger Scantlebury, del equipo de

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

trabajo de Davies en el NPL, donde se describía de forma detallada la red de conmutación de paquetes que habían desarrollado. Tras dichas presentaciones, varios de los allí presentes, incluido Roberts discutieron sobre la velocidad de transmisión de la red, que Scantlebury comunicó que podría ser perfectamente mayor de 2.000 bps. Otra cosa que Roberts descubrió en aquella charla fue el trabajo que había llevado a cabo Paul Baran en la corporación RAND años antes.

A su regreso, Roberts contactó con Baran, pues sus informes habían sido recibidos en la IPTO, quien acabó siendo una especie de asesor informal del grupo de diseño de ARPAnet. Los conceptos se iban asentando y parecía que el esqueleto empezaba a tomar forma, era el momento de tomar decisiones.

4.5. Las bases.

La red comenzaría con cuatro nodos: el *Stanford Research Institute* (SRI), la Universidad de Utah (UTAH), la Universidad de California en Santa Bárbara (UCSB) y la ya mencionada Universidad de California en Los Ángeles (UCLA).

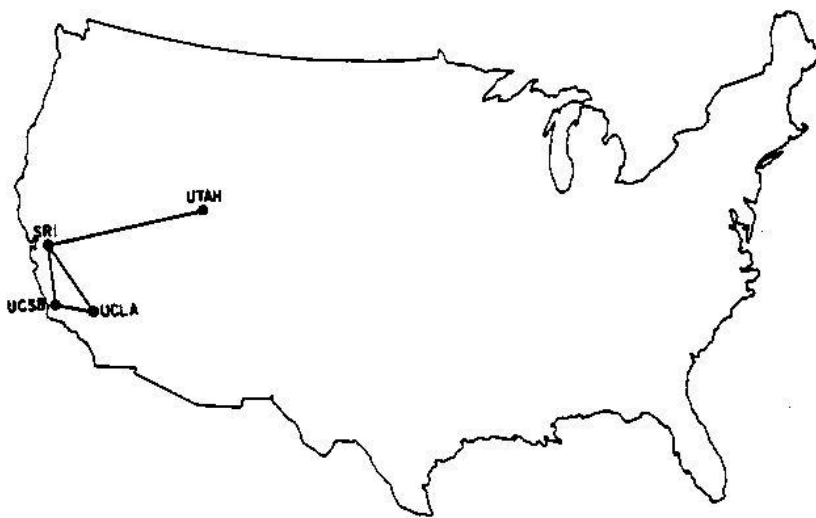


Fig.4.5. Mapa de los cuatro primeros nodos de ARPAnet.

UCLA fue elegida debido a, como se ha visto, que el Centro de Medidas de Red en el que trabajaba Kleinrock estaba allí, en Santa Bárbara y en Utah se estaban realizando investigaciones con ordenadores en materias de gráficos interactivos y Stanford contaba con Doug Engelbart, otro del selecto club de los pioneros de la informática, también conocido por tener la patente del "indicador de posición X-Y para un sistema monitorado", es decir, el ratón.



Fig.4.6. Ratón de D. Engelbart. 1967.

Engelbart trabajaba ya para ARPA desarrollando un sistema llamado *ONLine System* (NLS) relacionado con la creación de librerías digitales así como el almacenamiento y recuperación de documentos digitales, herramientas que serían de gran utilidad si finalmente se llevaba a cabo ARPAnet.

El congreso de Gatlinburg sirvió para asentar unos principios:

- 1) La subred de *imps* funcionaría como un sistema de comunicaciones cuya principal tarea sería transferir bits de una manera fiable desde una localización fuente hasta un destino específico.
- 2) El tiempo medio de tránsito dentro de la red de *imps* debería ser inferior a medio segundo.
- 3) La subred debería operar con autonomía, los *imps* no podían depender del ordenador servidor, continuarían operando y enrutando el tráfico de la red estuviera o no funcionando el servidor.
- 4) La subred a su vez continuaría funcionando si algún *imp* dejase de trabajar.

La idea de mantener la fiabilidad en los *imps* y no en los servidores era un concepto clave. El equipo de trabajo confiaba en que los *imps* atendieran las funciones de selección de ruta y reconocimiento del destino.

Larry Roberts se había convertido en principal arquitecto de la red, tomaba las decisiones iniciales, establecía los parámetros y las especificaciones técnicas. Aunque las ideas las obtuviera de otros, era él quien decidía si se llevaban a cabo o no, todos participaban en el trabajo, bajo la batuta de Roberts.

Con estas premisas finalizaba el año 1968 cuando ARPA anunció la empresa que se encargaría de desarrollar los *imps*, que para sorpresa de otras, fue aquella pequeña empresa consultora afincada en Cambridge llamada Bolt Beranek and Newman, aquella donde años atrás había trabajado Licklider.

4.6. Diseñando la subred. Los *IMPs*.

Comenzaba el año 1969, el equipo de Frank Heart tendría por delante el año más ajetreado jamás vivido. El contrato estipulaba que el grupo de la BBN realizaría un total de cuatro *imps*, presentando el primero en septiembre y uno cada mes hasta diciembre, es decir, tenían un año para llevar a cabo el proyecto. Contaban para ello con algo más de un millón de dólares de presupuesto.

Existía bastante desconfianza en el entorno académico sobre la consecución de dicha red, además empresas como AT&T o IBM dudaban de que fuera una posibilidad de negocio, pues no veían claro el uso que se podría dar a la red. Los miembros de BBN también estaban preocupados, tendrían que solventar diversos problemas técnicos relacionados con cómo afectaría el ruido de las líneas en la transmisión o la anticipación a posibles cortocircuitos si la red se ampliaba finalmente de costa a costa. Además de los problemas técnicos el equipo contaba con la presión que el programa de Roberts imponía, el presupuesto y la realidad política existente en Washington, ocho meses no eran suficientes para desarrollar una red perfecta, pero la misión de la BBN no era más que demostrar que el concepto de red podía funcionar.

El grupo de Frank Heart, Severo Ornstein, Willy Crowther y Dave Walden había desarrollado con anterioridad proyectos de mayor dificultad, como sistemas de radar en tiempo real o sistemas de detección sísmica en el *Lincoln Laboratory*.



Fig.4.7. Equipo de trabajo de la BBN. De izda. a dcha: Truett Thach, Bill Bertell (detrás), Dave Walden, Jim Geisman (detrás), Bob Kahn, Frank Heart, Ben Barker (detrás), Marty Thrope, Willy Crowther and Severo Ornstein. 1969.

Ahora cada miembro tenía un rol específico, Crowther trabajaba en la comunicación entre *imps* programando y diseñando *software*, Walden en las tareas de comunicación del *imp* con el servidor, mientras Cosell se ocupaba en herramientas de desarrollo y depuración, y Ornstein dirigía la implementación del *hardware*. Debía realizar una implementación para el "Honeywell 516" que lo convirtiera en un dispositivo de entrada/salida de alta velocidad, la idea era elaborar un conjunto bien detallado de modificaciones de tal manera que Honeywell pudiera fabricar los *imps*. En ese punto, tenían que decidir qué operaciones serían desempeñadas por el *software* y cuales por el *hardware*, las tareas simples las desarrollaría este último, pero había que considerar que una vez construido sería difícilmente modificable, por lo que como norma preferían las soluciones programables, si algo lo podía realizar el *software* suficientemente rápido, así sería.

Se diseñó una función de reinicio por si se producía un fallo en la alimentación, de tal forma que la máquina paraba y se reiniciaba automáticamente una vez volviera la electricidad, debido a que en aquella época se trabajaba con las llamadas memorias *core* (densa matriz de finos cables de cobre y anillos magnéticos férricos o *cores*, cada uno del tamaño de una semilla, también conocida como memoria principal) el dispositivo arrancaría al principio del programa gracias a su naturaleza no volátil. En caso de que algún *imp* cayera o se rompiera, en un principio se diseñó de tal forma que habría que cargar de nuevo el programa (cintas de papel perforado por aquel entonces) sin embargo la BBN inventaría un esquema mucho más ingenioso mediante el cual el *imp* vecino recargaría el programa reparándolo sin necesidad de que alguien tuviera que hacerlo, la robustez era la consigna en la realización del diseño.

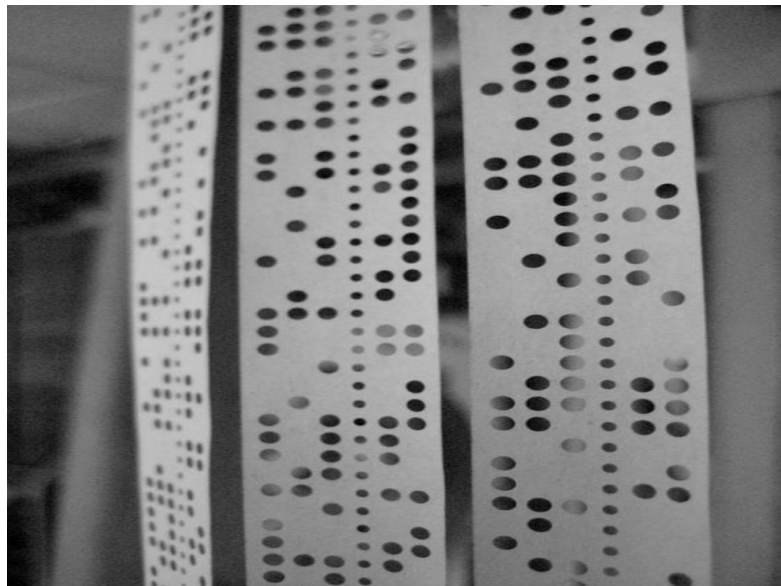


Fig.4.8. Ejemplo de programa en tarjeta perforada.

El equipo de trabajo comenzó a escribir código para el *software*. Escribir las instrucciones que debía llevar a cabo el IMP, requería pensar en un gran número de pasos en lenguaje de alto nivel, donde las órdenes son cortas y precisas, del tipo: "ve a la puerta, gira a la derecha, anda diez pasos, mira a tu izquierda" (aún recuerdo mi primera clase de programación, donde tuvimos que explicar cómo hacer una lasaña...) y más aún en su equivalente en el lenguaje de ensamble (lenguaje de programación de

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

bajo nivel para los computadores, micro-controladores y otros circuitos integrados programables. Implementa una representación simbólica de los códigos de máquina binarios y otras constantes necesarias para programar) que sería algo así como "encuentra tu pie derecho, encuentra tu pie izquierdo, sitúa tu pie derecho delante del izquierdo. Ahora sitúa el izquierdo delante del derecho. Repite esto diez veces. Para. Gira noventa grados a tu derecha...".

Programar en este lenguaje obligaba a volverse un tanto maniático, a veces incluso se olvidaban la meta que perseguían en el propio camino. El código se escribía en un primitivo editor para PDP-1 desde el Model 33 Teletype. Después se creaba el código para el propio PDP-1 y era transferido a cinta de papel para el ordenador Honeywell, donde era convertido a lenguaje de máquina Honeywell, tarea que realizaba un programa conocido como ensamblador, que convertía el código en unos y ceros. El código ensamblado volvía a perforarse en la cinta de papel. El resultado tras catorce horas podía ser una cinta de casi media milla.

A medida que se avanzaba, se hacía patente que la red sería un híbrido con respecto a las ideas originarias de Baran y Davies. El esquema de enrutamiento adaptativo fue cosecha propia de los chicos de la BBN, aunque era similar a la idea básica de Baran, se diferenciaba notablemente en el nivel de redundancia o lo que es lo mismo, el número de enlaces a cada nodo. En el esquema de la BBN los nodos poseían dos conexiones, rara vez una o tres, Baran afirmaba que una red con multitud de enlaces redundantes podría ser construida a base de partes de muy bajo presupuesto. El nivel de baja redundancia se acercaba más al modelo de Davies. La aproximación en la que se basaba Heart era fabricar nodos lo más robustos y fiables posibles. También descubrieron que la velocidad de funcionamiento sería mayor de lo que imaginaban, mientras escribían el *kernel* o núcleo del *software*, descubrieron algunos comandos que serían necesarios para introducir los paquetes en el IMP, calcular donde enviarlos y ponerlos en la siguiente línea.

Crowther y Walden diseñaron rápidamente los algoritmos críticos, aquellas reglas básicas que solventaban el procesado y enrutamiento de los paquetes. Así determinaron que no necesitarían más de 150 líneas de código para procesar un paquete a través de los *imps*. Obviamente debían confiar en sus diseños hasta disponer el dispositivo real donde probarlos.

Otra tarea clave, que no dependía de la BBN, era la subcontrata de AT&T que dependía directamente de Roberts, miembro distante pero a la vez fuerza vital del proyecto, que debía hacer los arreglos necesarios para disponer de las líneas de 50-kbit en cada servidor para la fecha en la cual los *imps* estarían preparados.

La interfaz de usuario entre servidor e IMP era responsabilidad de cada sitio, pues no era posible desarrollar una única con ordenadores de distintos fabricantes, eso sí, el equipo debía darles a cada uno la hoja con las especificaciones de la comunicación de servidor a IMP antes de que estos comenzaran con lo suyo. El encargado de escribir dicha especificación fue Bob Kahn, antiguo ingeniero del MIT que trabajaba ahora en el equipo y que mantenía contacto regularmente con Roberts acerca del estado del proyecto.

Para la detección de errores idearon el aún usado y conocido *checksum* o suma de verificación, que como es de esperar consiste en enviar en el conjunto de datos un valor suma, como podría ser por ejemplo el número de unos, para que en la recepción se recuenten y se comparen con dicho valor. Al no disponer de indicaciones previas sobre las posibles tasas de error, obviamente, Kahn y Roberts

estimaron que un valor de suma de 24-bit sería el adecuado, pues no encarecía el *hardware* demasiado.

Una idea bastante más problemática era conectar varios ordenadores a un IMP, pero Walden, Crowther y Cosell encontraron finalmente la forma, de tal manera que Kahn tenía todo lo necesario para realizar el grueso documento que sería conocido como "BBN Report 1822", que estuvo listo en abril de 1969 y que describía como un ordenador debía comunicarse con un IMP. Las funciones de conexión de ordenador a ordenador (*host-to-host*) no formaban parte del trabajo encomendado al equipo de la BBN.

Finalmente el IMP se diseñó como un mensajero, un dispositivo de tránsito, nada más. Sólo tenía que leer los primeros 32-bit, que eran el encabezado del paquete (*header*), los cuales incluían información de la fuente, el destinatario y alguna información de control adicional. La parte más difícil de realizar en la red sería hacer que distintos ordenadores se entendieran, para ello ARPA estaba presionando a la comunidad informática con el fin de realizar un esfuerzo para ponerse de acuerdo en los protocolos pertinentes.



Fig.4.9. Imagen del primer IMP. 1969.

4.6.1. IMP número 0.

Fue en primavera cuando llegó a las oficinas de la BBN la primera Honeywell 516 modificada según las especificaciones desarrolladas. En aquel momento, un joven brillante aún sin graduar de 22 años, Ben Barker realizaría los test pertinentes a la máquina para ponerla a punto. Primero intentó cargar un programa de diagnóstico, no consiguió hacerlo funcionar, entonces probó otro código que tampoco, tras probar varios descubrió que nada funcionaba.

Ornstein fue a las oficinas de Honeywell para repasar con ellos el diseño que les habían entregado, allí descubrió que ninguno parecía entender con detalle cómo funcionaba la interfaz desarrollada por

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

los chicos de la BBN, sencillamente se habían limitado a implementar los diagramas de bloques dados, sin realizar ningún tipo de diagnóstico.

Por supuesto, ningún fabricante habría construido el prototipo a la primera, pero era de esperar que hubieran realizado alguna prueba de errores previa, pues las condiciones del prototipo eran inaceptables. Barker estuvo meses depurando el aparato, trabajando en él 16 horas al día, el próximo encargo a Honeywell sería el IMP número 1 destinado a la universidad de UCLA.

Heart quería poder controlar lo máximo posible desde Cambridge, es decir, quería desarrollar herramientas de diagnóstico remotas y la posibilidad de depurar la red desde su lugar de trabajo. La idea era monitorizar y mantener el sistema completo desde un único centro operativo, así cualquier cambio que se produjese en la red sería detectado. Sin embargo todavía no disponían del prototipo de IMP en un estado capaz de hacer funcionar un código operativo.

Crowther encontró la forma de realizar el enrutamiento dinámico, mediante unas tablas que se actualizarían cada segundo y que eran capaces de llevar el paquete por el camino más corto, dicho algoritmo es considerado como un poema de la programación. También determinaron como establecer el control de flujo de mensajes, para que no hubiera una sobrecarga en los *imps*, los mensajes estarían en espera hasta que el IMP recibiera un número llamado RFNM (*Ready for Next Message*) que venía a ser el "recibo" de que la conexión se había producido con éxito. De este método se deduce que existiría una limitación temporal, pues no se podrían enviar mensajes de forma continua desde un mismo punto, se esperaría a recibir el RFNM.

* * *

A mediados de agosto, Honeywell lanzó el IMP 516 reformado, que en cuanto pisó el suelo de la BBN fue sometido por Barker a todo tipo de pruebas. Cargó el programa de diagnóstico y de nuevo nada sucedió, solo quedaba una opción, completar el trabajo en la BBN. En pocos días Barker dio vida a la máquina. Llegaba septiembre y la presión incrementaba, encontraron un problema en el temporizador/reloj del aparato, que bajo la actuación del "agravador" (un dispositivo diseñado para producir solicitudes de datos que incrementaban las posibilidades de error) daba errores de manera casi continua. Barker diseñó una posible solución basada en recubrir los cables de la cadena temporizadora central del IMP, una vez lo probó y comprobó con el osciloscopio, los problemas se habían disipado.

El IMP número 1 estaba listo.

4.7. La comunicación entre ordenadores. Protocolos I.

En el verano de 1968, un pequeño grupo de estudiantes de los cuatro primeros "sitios huésped" o como usaremos en este documento *hosts* se reunieron en Santa Bárbara. Eran sabedores del desarrollo de la red, aunque no conocieran todos los detalles. Se generó un gran entusiasmo alrededor del tema de la conexión entre ordenadores imaginándose todo tipo de posibilidades: gráficos interactivos, procesos cooperativos, correo electrónico... pero nadie sabía por dónde empezar.

De aquella reunión surgió un grupo de jóvenes investigadores dispuestos a trabajar en ello, discutiendo sobre el tema y elaborando esquemas sobre las comunicaciones *host-to-host* en la red. Para acelerar el proceso, decidieron quedar regularmente. Al cabo de un mes Steve Crocker, Vint Cerf y otros, decidieron que debían empezar a acumular notas de aquellas discusiones, por si acaso esas notas podían ayudar a ordenar sus pensamientos. En aquel momento no querían ofender a aquellos que fueran los encargados de diseñar dichos protocolos, diseñando ellos mismos uno, pero la realidad era que no existían oficialmente unos diseñadores de un protocolo para la ARPAnet. Para evitar sonar muy presuntuosos, etiquetaron las notas como "*Request for Comments*" (Solicitud de Comentarios) también conocidos como RFC.

El RFC número 1 (anexado original al final del documento a modo de ejemplo aclarativo) se tituló "*Host Software*" y describía en términos técnicos como se realizaba una conexión básica entre ordenadores. Usaron un lenguaje agradable con el fin de promover la cooperación, no el ego, con la intención de atraer a todo el mundo al trabajo en red. Desde entonces los RFCs han sido el principal medio de expresión en la comunidad informática en la red, la forma aceptada de recomendar, revisar y adoptar nuevos estándares.

En un principio su principal objetivo era establecer un protocolo (como compartir recursos, transferir datos...) lo que significaba teclear programas o por lo menos adoptar ciertas normas de cómo los programas debían escribirse.

Anticipándose a la construcción de la red, el *Network Working Group* (Grupo de Trabajo en Red) como se hacían llamar, continuaron reuniéndose y nuevos términos e invenciones emergían a menudo por consenso. La palabra protocolo encontró en su sentido informático la necesidad de acuerdo colectivo entre los usuarios. Sin embargo los ordenadores de por entonces eran dispositivos extremadamente egocéntricos, se comportaban como si no hubiese ninguno más construido, tan solo toleraban la conexión de dispositivos periféricos con una jerarquía establecida, es decir, dependientes de ellos.

Una de las metas más importantes era desarrollar un protocolo con pocas capas entre *hosts* capaz de mover paquetes de un ordenador a otro sin necesidad de saber qué contenían los propios paquetes, simplemente transportar bits genéricos. Otras tareas que también consideraron fueron la transferencia de archivos y el acceso (*login*), tareas que acabaron siendo sus primeras dos aplicaciones.

Después de meses de especulaciones, en la primavera de 1969 llegó a UCLA el "BBN Report 1.822", donde se especificaba como iba a ser la subred diseñada y del cual se deducía que la interfaz a desarrollar no era *host-to-imp*, si no un *host-to-host*. Lo cual significaba una gran cantidad de trabajo de verano para los estudiantes del NWG.

La especificación entregada por la BBN con respecto a la comunicación *host-to-imp* era un anteproyecto espléndido. Se trataba de un buen libro escrito muy detalladamente por Bob Kahn, gracias a lo cual se pudo realizar dicha interfaz antes de que acabara el verano sin mayor inconveniente. Una semana antes de la teórica llegada del IMP el *hardware* estaba listo para conectarlo.

El IMP número 1 llegó a Los Ángeles el sábado 30 de agosto, en avión, bajo la supervisión de Barker; una vez en UCLA lo cablearon y probaron el programa de diagnóstico de la BBN, después se conectó la interfaz diseñada en UCLA. Como era el nodo número 1 no había forma de comprobar al completo

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

su funcionamiento, pero sí podían llevar a cabo diversos experimentos de comunicación entre el Sigma-7 (ordenador de UCLA) y el IMP. En una hora se estaban pasando datos el uno al otro como si lo hubieran estado haciendo durante años.

4.8. Una verdadera Red.

Un mes después, como marcaba el calendario, el IMP número 2 fue instalado en SRI el 1 de octubre. Ese mismo mes Bob Taylor dejaba ARPA, uno de los padres de ARPAnet, sus repetidas misiones en Vietnam durante los últimos dos años habían agotado, eso sí, sabía que el trabajo por el cual fue contratado años atrás, a estas alturas, llegaría a buen puerto.

La instalación del IMP 2 suponía el mayor logro conseguido hasta la fecha, el SDS-940 (ordenador de SRI) estaba listo para conectarse. El primer experimento para comprobar el entendimiento entre máquinas fue el envío desde UCLA de la letra "L", mientras que en SRI se recibió "114", estaba leyendo el código en octal (sistema numérico de base 8) donde "114" se correspondía con la L. Después envió la "O" y se recibió "117", entonces se tecleó "G", y el sistema se cayó. La caída del sistema se debió al inteligente diseño de Bill Duvall en SRI, pues una vez el ordenador reconoció las letras L-O-G, él mismo completó la palabra, intentó devolver G-I-N, pero el programa no estaba preparado para sostener más de un carácter simultáneamente. Ese mismo día más tarde probaron de nuevo y funcionó correctamente, ejecutaron varios comandos desde UCLA en SRI gracias al *time-sharing* con resultados positivos. Existía una red.

El IMP número 3 fue instalado en UC Santa Bárbara el primero de noviembre, esta vez todo fue más relajado, en parte instalar *imps* empezaba a ser rutina. El cuarto se instaló en diciembre en UTAH. Ahora el problema era que no existían conexiones punto a punto entre todos los nodos, determinado así por razones económicas, por lo que todo el tráfico que fuera a UTAH tenía que pasar por SRI, que mientras que la red funcionara no suponía un problema, pero si un nodo caía la conexión se vería deshabilitada.

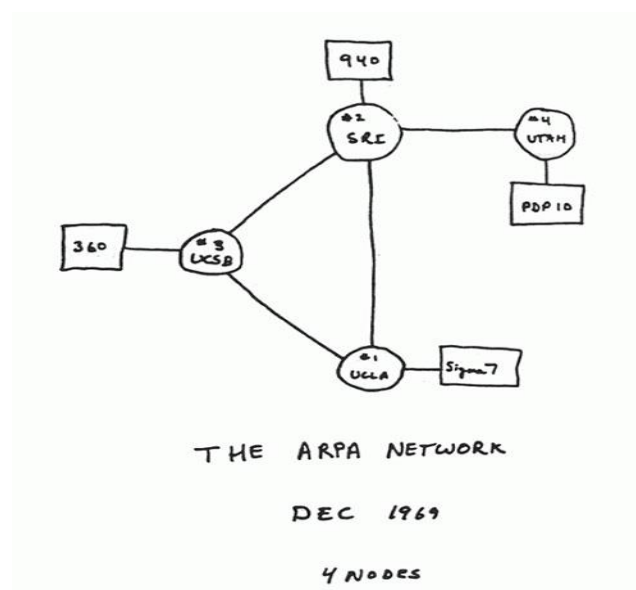


Fig.4.10. Esquema de ARPAnet en diciembre de 1969.

Sin embargo el principal problema era la ausencia de un protocolo *host-to-host*. El NWG se reunió con Roberts en a finales de año, donde a falta de dicho protocolo, le presentaron un improvisado protocolo llamado Telnet que permitía accesos remotos a la red, que pese a ser muy útil, no solventaba los diferentes problemas para que distintos ordenadores trabajasen juntos. Hubo que esperar varios RFC y casi un año para que el NWG produjera un protocolo completo, el cual fue llamado "Network Control Protocol".

Tras diversos exámenes llevados a cabo por Kahn a la red, el *hardware* y el *software* funcionaban, la conmutación de paquetes funcionaba, las predicciones se equivocaban.

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

Capítulo 5. Funcionando y mejorando. Hacia la red de redes.

- 5.1. Ajustando la red
- 5.2. Comunicación entre ordenadores. Protocolos II
- 5.3. Dándose a conocer
- 5.4. El E-mail
- 5.5. Abriendo nuevos horizontes

5. Funcionando y mejorando. El camino a la red de redes.

La red era algo real, pero con sólo cuatro nodos conectados en la costa oeste, su tipología era simple y el experimento pequeño. Lugares como el MIT o el *Lincoln Laboratory* en la costa este, donde sucedían cosas importantes, no estaban conectados. La idea de Bob Taylor de red pasaba por conectar el Pentágono, pero durante el excitante año 69, el presupuesto de ARPA había alcanzado un pico histórico y ahora iba en declive, La Guerra de Vietnam consumía todo.

En diciembre de 1969 ARPA se vio forzada a abandonar su sede en el Pentágono para trasladarse a Arlington, Virginia hecho que el director entonces Stephen Lukasik calificó como "equivalente americano de ser exiliado a Siberia".

En los comienzos de la década de los 70, la informática seguía copando la mayoría del presupuesto de la Agencia, que disponía de tal en gran medida gracias a la insistencia de Larry Roberts a las altas esferas.

A finales de marzo de 1970 se completó el primer enlace que cruzaba el país dentro de ARPAnet, una línea de 50-kilobit conectada desde UCLA a la BBN en Cambridge, que se convirtió en el quinto nodo. Este nodo supuso un ahorro en llamadas y viajes considerable, además de dotar a la BBN del control de datos y de estado de la red necesario para asegurar la fiabilidad que tanto preocupaba a Frank Heart y que poseían gracias al mantenimiento y diagnóstico remoto, factoría de la BBN. Diseñaron un sistema donde cada IMP compilaba periódicamente un informe del estatus de su entorno local (número de paquetes, tasas de error...) y lo enviaba a través de la red al centro de operaciones en la BBN, la idea era que la red funcionara lo más desatendida posible confiriendo a los *imps* la capacidad de reiniciarse después de un fallo. No siempre se solucionaban los problemas de forma remota, otras había que desplazarse y volver a instalar el *software*.

En verano los IMP número 6, 7, 8 y 9 salieron de fabrica y comenzaron a funcionar en el MIT, RAND, *System Development Corporation* y en Harvard respectivamente. Una segunda línea cruzaba el país conectando la Universidad de Utah con el MIT. ARPAnet crecía con una media de nodo al mes. Otras universidades se conectaron antes de acabar el año.

ARPA amplió el contrato de la BBN para continuar produciendo *imps* y gestionando el centro de control. El nivel de actividad crecía y los informes de diagnóstico eran cada vez más voluminosos de tal manera que conectaron otro dispositivo separado (un antiguo prototipo de IMP) a la red para ayudar con la notificación de estatus, en general se iban realizando mejoras para facilitar la detección de posibles errores.

Frank Heart puso a Alex McKenzie al cargo del Centro de Control de Red en la BBN en el momento en el que esta debía pasar de ser un experimento a un modo funcionalmente operativo, pues era una persona ordenada y meticulosa además de poseer una amplia visión de negocios, que en poco tiempo se traduciría en nuevas y más grandes oficinas para la BBN.

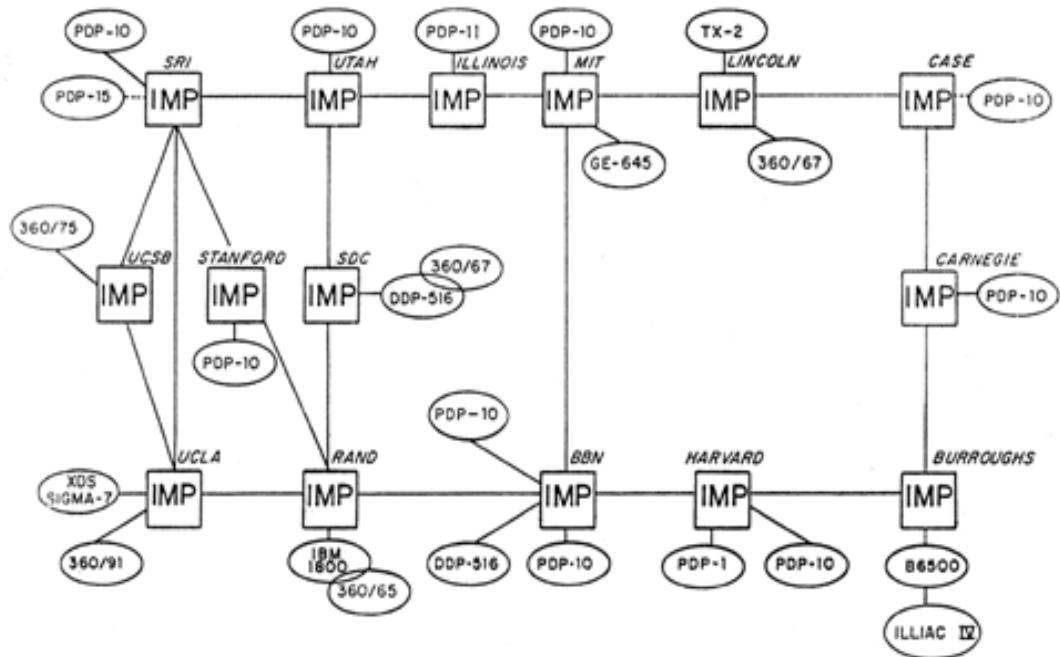


Fig.5.1. Esquema ARPANet con 15 nodos. 1970.

5.1. Ajustando la red.

Terminaba el año con la puesta a punto del IMP número 15 en Pennsylvania, en la *Burroughs Corporation* y ARPA encargaba a la BBN dar el salto hacia otro intenso esfuerzo ingenieril, diseñar el IMP Honeywell 316, más ligero y un 20% más barato, que estuvo listo a principios del año 71. Claro que esto era solo una parte del cambio que se estaba produciendo en ARPANet.

Durante meses los chicos de la BBN y Roberts habían estado discutiendo la posibilidad de conectarse a la red desde un simple dispositivo o CRT (Tubo de Rayos Catódicos) con teclado sin necesidad de un ordenador central o *host*, es decir, conectándose directamente a un IMP, eliminando así la necesidad de un *host* entre cada usuario y la subred de *imps* y además dotando a la red de un montón de nuevos puntos de acceso.

Si técnicamente era viable cientos o incluso miles de usuarios podrían conectarse sin encontrarse físicamente cerca de ningún *host*, la red así dejaría de ser de uso experimental para científicos y se abriría a todo tipo de usuarios, lo cual acercaría al mundo a la realización de la visión de Licklider de los ordenadores como canales de comunicación e interacción entre seres humanos.

Pero ninguno de los *imps* existentes toleraría más de cuatro interfaces distintas de *host*, como se puede apreciar en la imagen anterior, ni tampoco eran capaces de alojar conexiones terminales, había que desarrollar una nueva interfaz que sí sostuviera docenas de líneas terminales entrantes en el IMP y en la red.

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

La BBN debía diseñar un terminal controlador que pudiera administrar el tráfico generado por un gran número de dispositivos conectados directamente. Este dispositivo fue llamado "Terminal IMP" o simplemente TIP.

En seis meses, la BBN y Honeywell completaron el diseño y construcción de dos nuevos prototipos basados en el 316. El primero era un IMP básico, el segundo un TIP que incluía un controlador multi-línea capaz de administrar la señal de hasta 63 terminales a la vez.

Todos los dispositivos conectados a un mismo TIP figurarían como una única dirección, como si pertenecieran a un único *host* en la red. Los 4 primeros *tips* estarían listos para verano de 1971. La BBN empezaba a explorar la gama de dispositivos que podrían conectarse a la red: pantallas CRT, impresoras, pantallas alfanuméricas... el equipo estaba incluso pensando en conectar lectores de tarjetas, grabadores magnéticos y todo tipo de periféricos.



Fig.5.2. TIP. 1971.

El Centro de Control de Red seguía creciendo, era necesario mantener personal trabajando 24 horas al día 7 días a la semana. Añadieron un marcador automático que estaba programado para llamar a cada módem una vez al día y escuchar su respuesta, dependiendo de esta determinaban si estaba correcto o no. El problema del control de la congestión en el tráfico, demostrado por Kahn mediante varios experimentos, había sido atacado y solucionado reservando suficiente espacio en el búfer de memoria del IMP para el ensamblaje de los paquetes entrantes. De esta manera, si el IMP destino no tenía espacio disponible en el búfer, el RFNM se retrasaba, una solución similar al transporte aéreo, si en el destino por ejemplo el parte meteorológico no permitía el aterrizaje el vuelo se retrasaba desde el origen.

5.2. La comunicación entre ordenadores. Protocolos II.

El desarrollo de la red necesitaba de la coordinación entre la BBN y el NWG para la realización de protocolos, tanto era así que para mediados del 71 el grupo de la BBN se encontraba en los comités del NWG trabajando en el protocolo *host-to-host*, en el protocolo de transferencia de archivos y en el protocolo Telnet.

Aunque tomó más de un año hacerlo funcionar, el protocolo Telnet era un procedimiento relativamente simple. Se trataba de un mecanismo que permitía una comunicación básica entre dos ordenadores. Los cuatro primeros nodos habían conectado cuatro ordenadores diferentes, mientras que ahora había que conectar una gran mezcla de ordenadores incompatibles, desde un DEC PDP-10, a los grandes IBM, los Honeywell o los Xerox. Telnet fue concebido para sobrellevar pequeñas diferencias entre ordenadores, tales como el establecimiento de conexión o determinar que colección de caracteres usar. Fueron los *tips* y el Telnet en conjunto quienes allanaron el camino para una rápida expansión de la red.

La transferencia de archivos era el siguiente paso. Durante un par de años media docena de investigadores trabajaron en obtener un Protocolo de Transferencia de Archivos (FTP) aceptable. Este protocolo especificaba el formato de los archivos intercambiados en la red. La transferencia de archivos era el equivalente digital a respirar, e hizo posible compartir archivos entre distintos ordenadores, aspecto que parece sencillo pero que realmente en aquel momento no lo era. Fue en 1972 cuando Jon Postel, editor y distribuidor de los mencionados *Request for Comments* dio los toques finales y publicó como el RFC 354.

* * *

El verdadero problema en la red era la carga de datos, o mejor dicho su ausencia. En el otoño de 1971, la red transportaba de media 675.000 paquetes al día, poco más del 2% de su capacidad que eran 30.000.000 de paquetes diarios. Pese algunos experimentos interesantes en la red llevados cabo en Stanford y en Harvard, la realidad era que ARPAnet era un instrumento desconocido excepto para la comunidad de investigadores. Larry Roberts era consciente de ello, era el momento de realizar una demostración pública.

5.3. Dándose a conocer.

Roberts formaba parte del comité de programación de la primera Conferencia Internacional de Comunicación Informática, que tendría lugar en Washington en octubre de 1972. Contactó con Kahn, aún en la BBN, para que comenzara a preparar una demostración de inmediato, tenían prácticamente un año para desarrollar tal acontecimiento.

El primer movimiento de Kahn fue reclutar a Al Vezza, del "Proyecto MAC" del MIT, para ayudarlo, entre ellos dos no había un solo proyecto informático o investigador del cual no estuvieran al tanto dentro de los Estados Unidos. Eran conscientes que debía ser una demostración interactiva y en directo, con el fin de generar un fuerte impacto en los

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

asistentes. Tenía que realizarse en tiempo real y debía ser algo manejable por cualquiera que estuviera sentado delante del terminal. Obviamente la poca experiencia con los protocolos incrementaba el riesgo, pero si la demostración era un éxito probarían que la red no solo existía sino que también era útil.

Durante los siguientes nueve meses Vezza y Kahn se movieron por todo el país en busca de vendedores de ordenadores, tratando de convencerles para que acudieran y participaran llevando sus propios terminales al Washington Hilton, donde tendría lugar la conferencia y donde mediante un TIP podrían conectarse a la red.


Roberts negoció con AT&T para que llevaran una línea de 50-kilobit hasta el hotel. La idea era realizar la demostración con el mayor número de ordenadores posibles, conectados al mayor número de sitios posibles. La organización invitaría a los asistentes a entrar, sentarse, acceder y usar los recursos de la red.

Se realizaron reuniones en diversos lugares para diseñar escenarios interesantes, equipos de estudiantes e investigadores se apuntaron, aunque para llevar a cabo dichos diseños había que intensificar los esfuerzos para terminar de desarrollar algunas herramientas y protocolos de red. La experiencia de Roberts le llevaba pensar que la presión del evento daría sus resultados. Para comienzos de 1972 había varios *tips* funcionando y en agosto se inauguró una tercera línea a través del país. Según se aproximaba la fecha existían ya 29 nodos conectados a ARPAnet o como empezaba comúnmente a denominarse, la Red.

Días antes del evento comenzaron con los preparativos en el hotel, en la sala donde tendría lugar había técnicos tirando cable por todas partes, gente hablando una jerga técnica para los "normales" inentendible, todo el mundo portando herramientas y otros muchos tratando de ayudar a los fabricantes a conectar sus dispositivos. Era la primera vez que toda la comunidad científica se reunía en un mismo sitio a la vez, como Kahn comentó en aquel momento: "si alguien lanzara una bomba en el Hilton de Washington, destruiría prácticamente todo el potencial informático de los Estados Unidos", sin mencionar parte de la comunidad internacional.

Acababa la jornada del sábado (la sala había abierto el lunes para prepararlo todo) y el TIP de la BBN era como un rey en su trono de cables que emanaban a todos los lugares de la sala, el domingo era día de preparación, pero con el TIP en acción, de tal manera que la gente empezó a ejecutar programas y realizar comprobaciones.

Había todo tipo de demostraciones: coger un archivo allí e imprimirlo aquí, dirigir una tortuga robótica en el momento a distancia, jugar al ajedrez, un concurso interactivo... Una aplicación de las más prácticas era una simulación del control de tráfico aéreo. Bob Metcalfe realizó una guía para el evento de tal forma que los asistentes podían ver las demostraciones paso a paso.



**72
ICCC**

24-26 OCTOBER 1972

WASHINGTON HILTON HOTEL, WASHINGTON, D.C. U. S. A.

**INTERNATIONAL
CONFERENCE ON
COMPUTER
COMMUNICATION**

- User-Oriented
- Interdisciplinary
- International
- Stimulating Program

FOUNDER
DR. REG. A. KAENEL
4 Hildreth Ave.
Chatham, N. J. 07928

**GENERAL CONFERENCE
CHAIRMAN**
DR. MAURICE KARNAUGH
T. J. Watson Research Center
P.O. Box 218
Yorktown Heights, N. Y. 10598

**EXECUTIVE COMMITTEE
CHAIRMAN**
DR. PHILIP ENSLOW, JR.
GTP
Executive Office of the President
Washington, D. C. 20504

**GENERAL PROGRAM
CHAIRMAN**
DR. STANLEY WINKLER
IBM
18100 Frederick Pike
Gaithersburg, Md. 20878

**PROGRAM COMMITTEE
EXECUTIVE VICE-CHAIRMAN**
EDWARD FUCHS
47329
Bell Laboratories
Holmdel, N. J. 07733

SECRETARY
DR. WAYNE B. SWIFT
GSC
8728 Coleville Rd.
Silver Spring, Md. 20910

TREASURER
COMPUTER SOCIETY LIAISON
HARRY HAYMAN
P. O. Box 639
Silver Spring, Md. 20901

**SPECIAL ACTIVITIES
COMPUTER SOCIETY LIAISON**

- **User-Oriented**
This conference is not just another rehash of the technology of bits and bandwidths. It will deal with what all this is good for -- what the user problems and results are.
- **Interdisciplinary**
The program will stress the user. Thus it is for lawyers, medical men, economists, and government men as well as engineers and communicators.
- **International**
The conference has been organized by a committee including representatives from 12 nations; the program will include papers reporting the state of computer telecommunication usage from most of these.
- **Stimulating Program**
The program will have a strong tutorial orientation in view of the interdisciplinary emphasis of the conference. One session of particular interest is the **Keynote** session which will survey "Computer Communications in the Industrially Advanced Nations". Speakers from Japan, the USA, the USSR and Western Europe have been invited. Among other session topics expected to draw special interest are "The Wired City", "Data Banks and Individual Privacy", "Public Data Networks", and some twelve others.

Fig.5.3. Dossier de presentación de la ICCC. 1972.

Llegó el lunes y los científicos de ARPAnet esperaban ansiosos al público. Cientos de personas participaron en la conferencia durante los dos días y medio que duró. Ejecutivos, ingenieros y técnicos de la industria de las telecomunicaciones y la informática comprobaron, pese al escepticismo de muchos de ellos, que dicha tecnología era real después de todo. La conferencia dio el empujón necesario para el desarrollo de la Red, los fabricantes se percataron del posible mercado que emergía, había sido un éxito. Sin embargo, justo cuando el evento llegaba a su fin, Bob Kahn miró a un colega y le dijo: "Sabes, lo que realmente usa la gente es el correo electrónico".

5.4. El correo electrónico. E-mail.

El correo electrónico tiene sus comienzos en el *time-sharing*, donde científicos que disponían de este sistema poseían un archivo asignado, como una caja, en el ordenador central. Entre ellos podían enviar mensajes electrónicos cortos a la caja de otro, donde sólo el receptor podía acceder. El primero de estos programas, llamado "Mailbox" fue instalado a principios de los 60 en el sistema de tiempo compartido del MIT, aunque rápidamente programas similares comenzaron a ser una característica estandarizada en cualquier sistema con estas características. Sin embargo, gracias a su alcance geográfico, ARPAnet dio un cambio radical convirtiéndolo en una herramienta de lo más útil.

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

Las tendencias de la Red eran fuertemente democráticas, con matices incluso anárquicos, los usuarios estaban constantemente generando nuevas ideas, era algo similar a un caos creativo y uno de los temas destacados fue el correo electrónico.

El e-mail surge a raíz de un programa escrito por Ray Tomlinson para Tenex (sistema operativo desarrollado por la BBN que se encontraba en la mayoría de los PDP-10 dentro de ARPAnet) que constaba de dos partes, una de envío (SNDMSG) y otra de lectura (READMSG). El mismo Tomlinson había escrito un FTP experimental llamado CPYNET, que modificó con el fin de poder llevar un mensaje desde un ordenador a un archivo de otro ordenador. Fue todo un hallazgo, pese a que técnicamente era una programa trivial, culturalmente fue un hecho revolucionario. Solo faltaba trasladar este concepto a todo la Red.

La expansión del e-mail se produjo entonces gracias a una pequeña modificación que realizaron en el FTP para ARPAnet que estaban finalizando en el MIT, así cobró vida el MAIL y Tomlinson envió el primer correo a través de la Red en el verano de 1972. Otro hecho por el cual será recordado Tomlinson es la introducción del símbolo "@", sin imaginar la transcendencia que ello adquiriría con el tiempo.



Fig.5.4. Ordenador PDP-10 que envió el primer correo electrónico.

Un estudio llevado a cabo por ARPA en 1973 comprobó que tres cuartas partes del tráfico de la Red era el e-mail. El correo electrónico crecía en volumen, aparecían nuevos programas con nuevas implementaciones, como por ejemplo las cabaceras o *headers*, paquetes de datos codificados interpretados por los *imps* para el manejo y direccionamiento de los correos. Se desarrollaron estándares, en el sector privado se comercializaron programas de correo y comenzaba a debatirse sobre la privacidad en la Red, la sociedad empezaba todo un proceso de adaptación a la tecnología informática.

* * *

En 1972 ARPA pasó a llamarse D.A.R.P.A. (*Defense Advanced Research Projects Agency*), aunque el nombre de ARPAnet se mantuvo.

Cabe destacar que entre 1972 y 1974 John McQuillan se hizo responsable de revisar los códigos y realizar las mejoras permanentes en ARPAnet. Lideró el equipo que escribió todo un nuevo *software* para IMP, realizó elaboradas comprobaciones en la Red, simulando posibles escenarios de error y forzando a la Red para hacerla más segura y fiable. El esquema que había diseñado Crowther para el enrutamiento era erróneo bajo cargas pesadas de tráfico, por lo que se realizaron las actualizaciones pertinentes. En este período de tiempo se el programa operativo del IMP al completo.

5.5. Abriendo nuevos horizontes.

Era un momento de experimentación de todo tipo dentro del trabajo en red, algunas personas comenzaron a plantearse el desarrollo de nuevos tipos de redes, los principios básicos de la conmutación de paquetes se habían mejorado dramáticamente, al igual que los protocolos, interfaces y algoritmos de enrutamiento. A pesar de ello existía un área aún sin explorar, el medio por el cual los datos viajaban. Las líneas telefónicas habían sido una obvia primera elección, pero ¿por qué no desarrollar una red inalámbrica que transmitiera los datos "por el aire" como ondas de radio?

La primera red establecida de estas características fue construida en la Universidad de Hawaii en 1969, antes de que Bob Taylor dejara ARPA. Fue diseñada por el profesor Norm Abramson y algunos compañeros de la propia universidad, quienes construyeron un sencillo sistema usando radios para transmitir datos entre siete ordenadores distribuidos entre cuatro islas y al que llamaron ALOHANET.

ALOHANET usaba pequeñas radios, idénticas a las usadas por los taxis, que compartían un único canal de frecuencia. La idea era que cada terminal transmitiera cuando eligiese, pero si los datos chocaban con alguna otra transmisión en ese momento, los receptores no eran capaces de decodificar los datos adecuadamente. Esto significaba que a la mínima la fuente emisora podía considerar el paquete confuso y retransmitirlo más tarde en intervalo aleatorio, pero solo te avisaba de que la línea estaba saturada después de intentar la comunicación y no antes.

A Roberts y Kahn les gustó la idea, incluso pretendían diseñar algo más desafiante, como era habilitar la posibilidad de pequeños ordenadores portátiles que pudieran llevarse en el coche o incluso en la mano conectados juntos a la conmutación de paquetes. En 1972 Roberts esbozó el esquema, donde situaba un ordenador central situado en una potente estación de radio capaz de comunicarse con pequeños ordenadores móviles. Roberts ordenó a SRI estudiar el problema y trabajar en llevarlo a la práctica.

Este tipo de red encajaba a la perfección con las necesidades militares, que durante años lo usaron, sin embargo los diversos problemas técnicos provocaron el abandono de esta tecnología temporalmente. El limitado rango de alcance de las señales de radio obligaba a mantener repetidores a no más de 20km. lo cual en una red distribuida global funcionaría, pero que en aquel momento no existía como tal.

Mientras Kahn estudiaba estos proyectos, comenzó a vislumbrar la posibilidad de establecer conexión entre redes vía satélite, de forma que se pudiera acceder a la Red desde

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

prácticamente cualquier punto del planeta. A principios de los 70, varios satélites, la mayoría militares, estaban en órbita, Kahn pensaba que equipados adecuadamente podrían utilizarse como repetidores para la comunicación. Obviamente las señales vía satélite sufrirían un cierto retraso, y las redes de este tipo serían más lentas, pero la idea facilitaría las comunicaciones transoceánicas minimizando costes y tasas de error.

La red vía satélite fue llamada SATNET, y no tardó mucho en conectar los EEUU con científicos noruegos, británicos, italianos y alemanes. Durante un tiempo funcionó bien, sin embargo la compañía telefónica actualizó las líneas atlánticas sustituyendo el cobre por fibra óptica de alta velocidad, eliminando la necesidad de enlaces vía SATNET.

Técnicamente los experimentos desarrollados en redes por radio o por satélite no aportaron grandes hallazgos, pero si las ideas subyacentes, se hacía obvio que habría más tipos de redes. Varios gobiernos estaban construyendo sistemas de datos y un gran número de empresas corporativas estaban desarrollando ideas de trabajo en red por su propia cuenta. Kahn comenzó a pensar en conectar todo este abanico de redes.

Esta idea no era precisamente nueva, pues ya después de la presentación pública en Washington se había formado un Grupo Internacional para Trabajo en Red. Roberts pretendía expandir la Red más allá de la fundación ARPA, así comenzaron a trabajar en lo que denominaron "Concatenated Network" o simplemente CATENET, que pretendía ser una interconexión transparente de redes de diferentes tecnologías y velocidades.

Así nace en 1973 el "Internetting Project", en otro esfuerzo por parte de ARPA en llegar a la cúspide del trabajo en red.

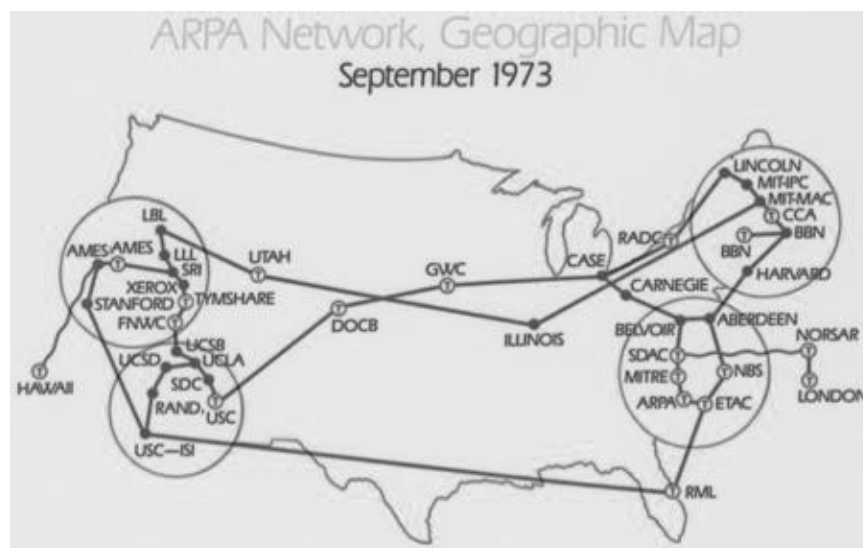


Fig.5.5. Mapa de ARPAnet. 1973.

Capítulo 6. Internet.

- 6.1. La comunicación entre ordenadores. Protocolos III.
- 6.2. Cambios en DARPA.
- 6.3. La red local. Ethernet.
- 6.4. Misión cumplida. Fin de ARPAnet.

6. Internet.

Durante 1973 tuvo lugar la colaboración más prolífera para el establecimiento de Internet, fue la unión de Bob Kahn y Vint Cerf en búsqueda de la conexión final, aquella que terminaría por convertirse la red de redes, Internet.

6.1. La comunicación entre ordenadores. Protocolos III.

Llevaban tiempo debatiendo entre ellos y con miembros del grupo internacional sobre qué necesitarían para construir una red de redes, y fueron Kahn y Cerf quienes finalmente determinaron que lo que necesitaban era diseñar una "puerta de acceso", que sería un ordenador de enrutamiento entre cada una de estas redes que transportaría los mensajes desde una a otra. Claro que esto era más fácil de decir que de hacer.

Cada puerta tendría que saber "hablar" con cada red que estuviera conectada, además tendría un *software* que la convertiría en un *host* de cara a cualquiera de las redes que interconectase. Una vez determinado esto, había que definir la transmisión de paquetes, pero estaba el problema de que cada una de las redes contaba con una interfaz, volumen de paquete y tasa de transmisión diferentes. También había que tener en cuenta que la fiabilidad que tanto había preocupado en el desarrollo de ARPAnet ahora sería imposible de obtener vía satélite o radio.

Era necesario el cambio del Network Control Protocol existente en la comunicación *host-to-host* por otro independiente. El reto era diseñar protocolos que pudieran arreglárselas con redes operativas autónomas bajo sus propias reglas, mientras aún se establecían los estándares que permitieran a ordenadores de diferentes redes hablar entre ellos. Para ello las puertas o *gates* tendrían la única tarea de llevar los paquetes a través de la red hasta el destino en el otro lado.

Una vez los conceptos estaban estipulados, Kahn y Cerf pasaron unos meses trabajando en los detalles del protocolo, que en septiembre de 1973 presentaron al grupo internacional en la Universidad de Sussex, en Brighton. Allí las ideas se refinaron, con la colaboración de investigadores británicos y franceses y tras un reordenamiento de las ideas expuestas completaron un documento llamado "A Protocol for Packet Network Intercommunication".

Este documento publicado en la primavera de 1974 describía algo revolucionario. Bajo los dictámenes de este trabajo, los mensajes serían encapsulados en datagramas, como una carta dentro de un sobre, y enviados en un paquete hasta el destino final. Los mensajes se denominaron "mensajes TCP" siglas de "*transmission-control protocol*". El documento también definía la noción de "puerta", como un ordenador que leería el sobre de la carta y no el contenido, que sólo lo leería el receptor final. La idea general detrás de este protocolo era trasladar la fiabilidad del proceso desde la Red (donde eran los *imps* quienes determinaban la calidad en la conexión) a los destinatarios, de tal manera que lo único que se le pedía a la Red era el traslado de los bits.

La invención del TCP sería absolutamente crucial en el trabajo en red, sin él la comunicación entre redes no sería posible y con él se habría todo un nuevo horizonte más allá de la red experimental de ARPA.

El tráfico había crecido, ahora había un tránsito medio diario de 3.200.000.000 paquetes y la Red se expandía con una media de un nodo nuevo cada mes, aunque aún no había los usuarios que debiera en base a la cantidad de recursos subidos. Sin embargo esto cambiaría según incrementaba la popularidad de grandes bases de datos existentes en la Red, que cada vez atraían la atención de más y más investigadores de todo tipo de ámbitos.

6.2. Cambios en DARPA.

Comenzaron debates sobre como DARPA finalmente acabaría por renunciar a su responsabilidad operacional en la Red, su misión era investigar, no se suponía que hubiera un negocio en hacer operar la Red. Ahora que el sistema existía y funcionaba era el momento de despojarse del rol de proveedor de servicio por parte de la agencia.

Llevar a cabo la transición era algo complejo, ARPAnet era ahora una herramienta valiosa, y la meta de Roberts era asegurar la continuidad de su desarrollo. Tras comisionar varios estudios Roberts ofreció la Red a AT&T, quienes tras varios meses rechazaron la propuesta. La BBN se ofreció para establecer una empresa filial que se encargara del mantenimiento de la Red, pero Roberts se encontró con otro problema, en 1973 fue reclutado por la BBN para dirigir una nueva filial llamada TELENET (no Telnet, programa para acceso remoto), que se dedicaría al servicio de la conmutación de paquetes en el mercado privado, por lo que no se veía en disposición de recomendar vender al gobierno la Red a TELENET. Finalmente la solución fue conceder temporalmente ARPAnet a la DCA (*Defense Communications Agency*).

Habiendo decidido trabajar en TELENET, Roberts debía encontrar un sucesor en su puesto de director de la IPTO y tras la negativa de varios científicos involucrados en otros proyectos, Licklider se ofreció para sustituirle. El círculo parecía cerrarse después de más de una década de investigación, volvía aquel visionario que hablaba de la simbiosis entre el ordenador y el hombre.

Uno de los primeros problemas con los que tendría que lidiar Licklider envolvía a su antigua compañía, la BBN, lo cual era un tanto delicado. La BBN se negaba a ceder el código fuente del IMP, el programa operativo original. La BBN siempre se había mostrado reacia a la colaboración con otros centros como era el caso de UCLA a la hora de corregir errores en la subred, de forma que eran ellos los que controlaban tanto las reparaciones como el mantenimiento. Sin embargo, cuando varios ingenieros de la BBN decidieron montar sus propias empresas enviaron un informe a DARPA, empresa contratante.

Normalmente la empresa que desarrolla un producto es propietaria de él, pero en este caso los fondos provenían del banco federal, además la propia BBN estaba formando TELENET que sería una empresa competidora. Por supuesto el Departamento de Defensa no estaría muy contento de saber que no tenían acceso a una tecnología patrocinada por ellos mismos. Sin duda tenía lugar el primero, que ni mucho menos el último, de los conflictos de derechos de propiedad intelectual.

Finalmente tras la amenaza de Steve Crocker (entonces director de proyectos en DARPA) de retirar una cuarta parte del presupuesto de la BBN, que percibía del gobierno, esta accedió a proporcionar el código a quien lo solicitase.

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

En 1975, la DCA tomó las riendas de la Red en sustitución de DARPA. Ahora ellos establecían la política operacional del sistema, decidiendo cosas como donde y cuando se instalarían nuevos nodos y qué configuración deberían tener las líneas de datos.

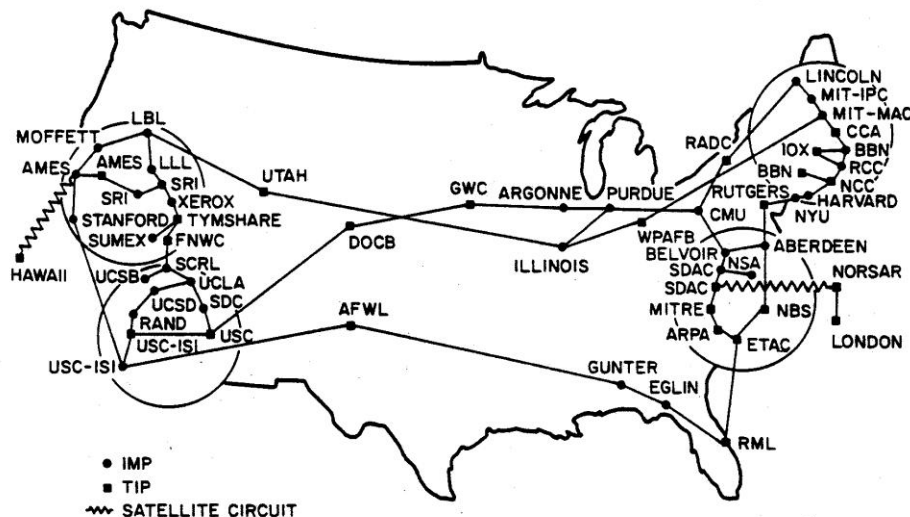


Fig.6.1. Mapa de ARPAnet. 1975

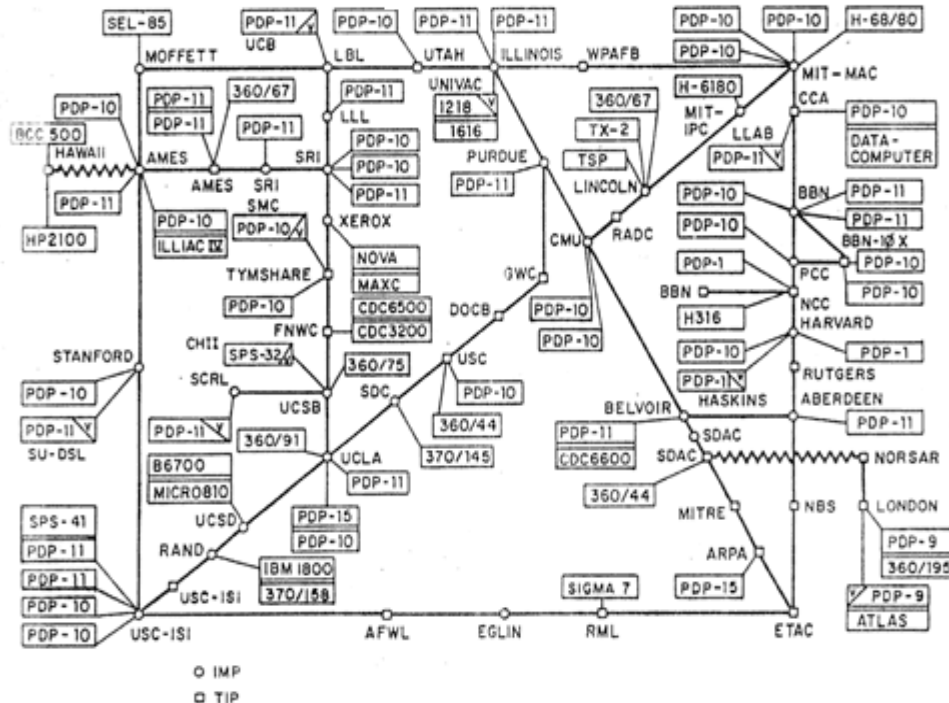


Fig.6.2. Mapa lógico de ARPANet. 1975

* * *

El cese de DARPA en la dirección de la Red permitió a la Agencia concentrar sus esfuerzos en desarrollar los nuevos protocolos para CATENET. El documento escrito por Kahn y Cerf sobre el TCP, había sido convertido en una hoja de especificaciones en Stanford y había sido enviada a tres lugares diferentes para su implementación: a la BBN, al laboratorio de Stanford y al *University College* en Londres.

Vinton Cerf se convirtió en director de programa en DARPA donde tenía bajo su responsabilidad la red por radio y satélite y programas de investigación para lo que ya llamaban ARPA Internet.

En octubre de 1977 tuvo lugar uno de los hitos en el trabajo entre redes, pues se realizó el primer sistema entre redes conectando la red por radio, ARPANet y SATNET bajo las especificaciones del TCP. Los paquetes podían viajar miles de kilómetros sin perder un bit. El TCP se modificaría ese mismo año, convirtiéndose en el Internet Protocol que también sería responsable del enrutamiento de datagramas individuales. En 1978 se pasó oficialmente a denominarse TCP/IP, nombre que se ha mantenido hasta la actualidad, pese a haber sido modificado varias veces.

6.3. La red local. Ethernet.

En paralelo al desarrollo del TCP, Bob Metcalfe, trabajador de Xerox, inventó un verdadero puntal tecnológico para un nuevo tipo de red. Conocida como red de corto alcance o de área local, esta red no conectaba ordenadores de diferentes ciudades, pero sí conectaba ordenadores en diferentes cuartos dentro de por ejemplo un mismo edificio.

La invención, o el desarrollo de esta red no carece de un elemento casual en la vida de Metcalfe, pues en una visita a Crocker este se dejó un papel de Abramson con datos de la ALOHANET. La matemática que aparecía era exasperante, pero Metcalfe se puso con ello con intención de realizar un nuevo modelo mejorado. Pero obtuvo más que un modelo mejorado, aprovechando que Xerox iba a lanzar el primer ordenador personal y que los usuarios querrían conectarlos entre sí, tuvo una idea, basada en ALOHANET donde los paquetes que chocaban se retransmitían después en intervalos aleatorios, pero diferente en muchos aspectos.

El principal aspecto en el cual difería era el hecho de que esta red estaría cableada, lo cual dotaba a esta red de una velocidad de transmisión mil veces mayor. En 1973 construyeron el primer sistema "Alto Aloha" en el laboratorio de la Xerox que funcionaba a la perfección y que finalmente rebautizaron como Ethernet.

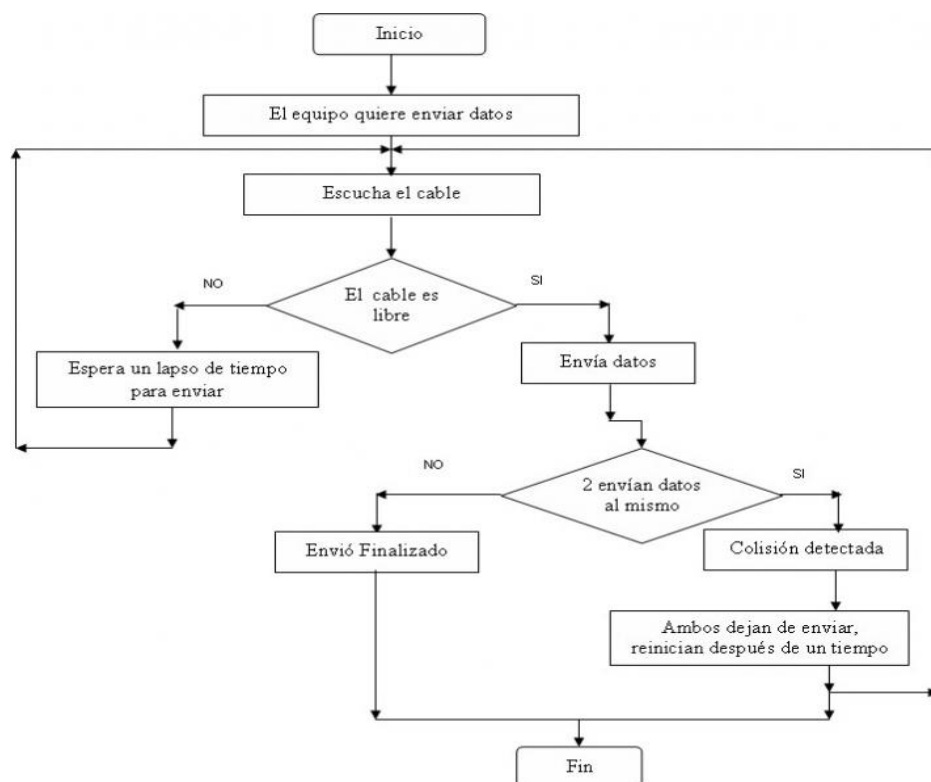


Fig.6.3. Esquema envío de datos de Ethernet.

6.4. Misión cumplida. Fin de ARPAnet.

DARPA no era la única agencia de investigación en Washington, además parecía que asignaban un millón de dólares a cada uno que llegara a la oficina del jefe con una buena idea.

A finales de los 70 la *National Science Foundation* estaba emergiendo en el campo de la informática, además contaba con el respaldo de toda la comunidad científica, mientras que DARPA había asentado las bases de investigación en nuevas tecnologías, sería la NSF quien las llevaría a una comunidad más amplia.

La fundación se había interesado en la creación de una red para la comunidad académica, estaban dispuestos a estimular el desarrollo del trabajo en red. Sabían de las ventajas de la Red, pero en 1979 de los 120 centros académicos de investigación informática existentes en los EEUU, sólo 15 estaban conectados a ARPAnet. Además hubo una importante migración de talentos informáticos del sector académico al industrial, los salarios del sector privado fueron los culpables. Una red para la ciencia reduciría la necesidad de duplicar esfuerzos y si esta red se abriera al sector privado habría menos presión en los investigadores para abandonar las universidades, pues podrían continuar con sus disciplinas.

El problema era que los nodos los otorgaba el Gobierno, lo cual implicaba involucrarse en sus ideas de investigación además de pagar más de 100.000 dólares anuales, en base al tráfico generado. La comunidad científica debía idear otra forma de estar conectado, que fue la creación de una red propia, a la que llamaron CSNET.

A mediados de los 80, en vistas al éxito de CSNET, otras redes emergieron, como fue el caso de BITNET, que era una red cooperativa sin ningún tipo de restricción a sus miembros, UUCP, USENET, la red de la NASA se llamaba SPAN...

El 1 de enero de 1983 tuvo lugar la transición oficial de ARPAnet al protocolo TCP/IP. Gracias al uso del protocolo TCP/IP esta colección de redes pasó gradualmente a llamarse "Internet", cogiendo la primera palabra de las siglas IP. Así surgió la distinción entre "internet" e "Internet". La primera equivalía a cualquier red que usaba el protocolo TCP/IP, la segunda era una red pública y subvencionada por el estado. Aunque esta distinción no tuvo relevancia hasta que se comercializaron equipos para construir una red privada. Se abrió el mercado del *router*, que eran una versión de las *gates* de acceso producidos a gran escala. Cabe señalar que en su día el departamento de marketing de la BBN rechazó la propuesta de fabricar *routers*, desde luego fue un error de bulto, pues su mercado creció como la espuma.

También tuvo lugar la aparición de redes en Europa como EUnet (*European Unix users Network*), que entró en España liderados por el Departamento de Ingeniería Telemática de la Universidad Politécnica de Madrid (DIT) donde estaba ubicado el nodo central de la red, la red EARN (*European Academic Research Network*)... o en Canadá donde estaba la red CDNet.

La CSNET resultó ser la base de la que se convertiría en columna vertebral de Internet: la NSFNET. En un principio esta red no disponía de los medios para construir una red nacional, pero en 1985 se crean cinco superordenadores repartidos por el país que ofrecen solución a tal problema. La NSF se ofrece para construir el esqueleto que una esos cinco centros neurálgicos, que dotaran de acceso a la Red a cualquier región del país. En respuesta surgen un gran número de redes regionales que se

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

conectan a este esqueleto gratuitamente, pues la NSF provee un servicio sin necesidad de pagar por él que es 25 veces más rápido que ARPA Internet.

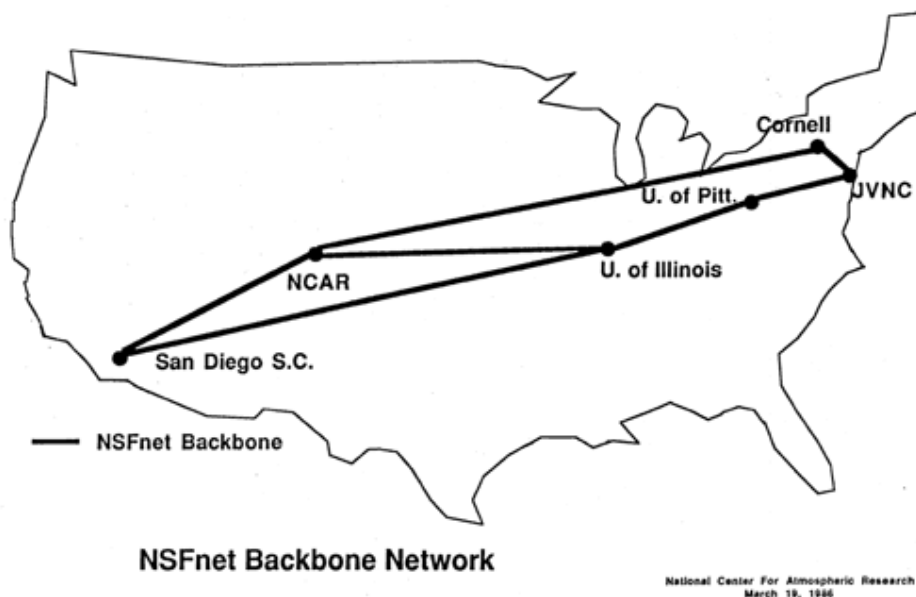


Fig.6.4. Esqueleto de NSFNET. 1984

Según se acercaban los 90 el número de ordenadores conectados entre sí vía NSFNET superaba con creces a aquellos conectados vía ARPA Internet. Llegaba el fin a una infraestructura que había enseñado al mundo cómo navegar por la red, pero que andaba ya sin un rumbo, a la deriva. A finales de 1989 ARPANet desapareció.

6.5. La Red Global. Internet como lo conocemos.

Ese mismo año la Red adquiría la madurez, con nuevas ideas revolucionarias, que cambiarían las reglas hacia una Red global, aparecía el concepto de "World-Wide Web".

Fue un investigador del C.E.R.N. (Laboratorio Europeo de Física de Partículas) de Ginebra, Tim Berners-Lee quien dio vida a tal concepto. Basado en el protocolo HTML, convirtió la navegación por la Red en algo sencillo gracias a sus programas *point-and-click*. En 1991, gracias a la facilidad de manejo que supuso la implantación de la "Web", los proveedores de servicio de conexión a Internet ganaron en popularidad. Dos años después Mark Andreessen, de la Universidad de Illinois, lanza "Mosaic" un revolucionario navegador que sin duda ayudó a la Web a dar el salto a la fama y a convertirse en una herramienta determinante para cualquier sector empresarial o para cualquier hogar.

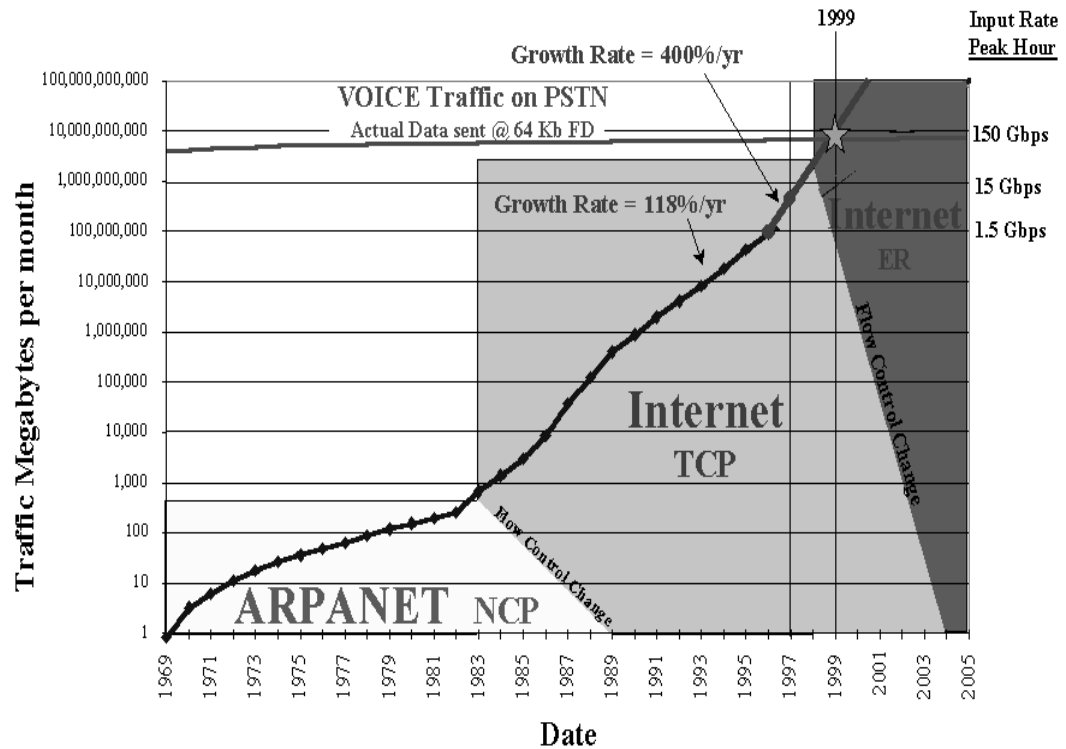


Fig.6.5. Gráfica crecimiento del tráfico de datos mensual en la Red desde el origen hasta 2005.

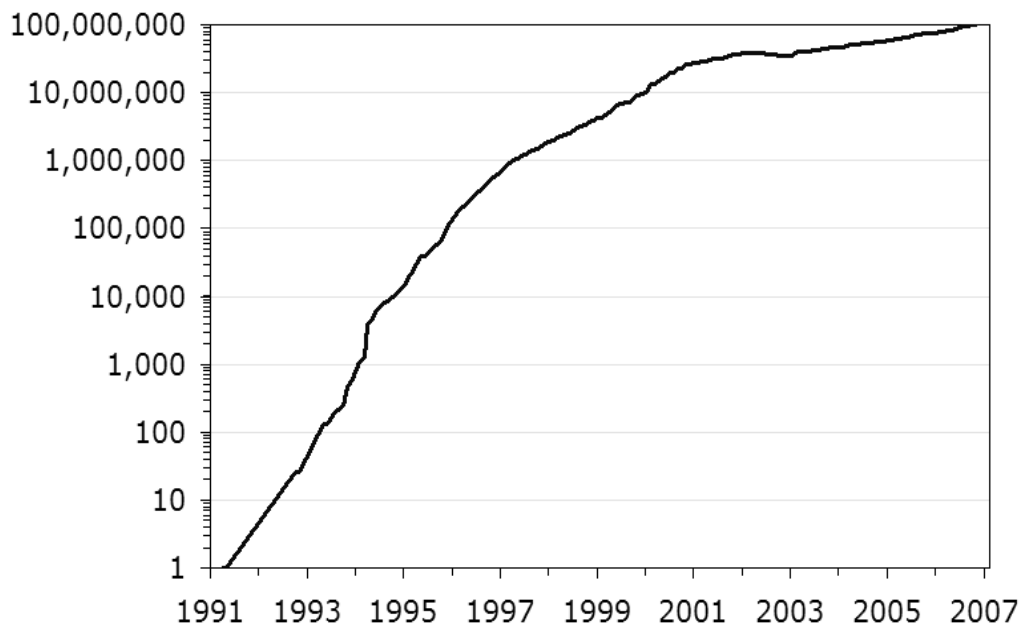


Fig.6.6. Gráfica crecimiento del número de webs.

Como podemos ver en la figura 6.5. a finales de los 90 se produce una tasa de crecimiento anual en el tráfico de datos por la red de un 400%, frente al 118% del principio de la misma década, lo que nos induce a pensar que esta herramienta está todavía en pleno crecimiento, lejos de estancarse en un

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

valor en los próximos años, pues pese a ciertos rumores, lo cierto es que es difícil vislumbrar un tope en la capacidad de la Red.

También podemos observar el crecimiento, prácticamente exponencial, del número de páginas web dentro de la Red, claro indicador de que cada vez más empresas y personas deciden tener su espacio donde darse a conocer en la web, hecho acompañado inevitablemente de un mayor conocimiento de la informática y la programación por parte del usuario estándar de Internet.

La década de los 90 marca un nuevo comienzo en la navegación por la red, se produce un crecimiento exponencial en uso y en recursos, el uso de Internet se convierte en algo cotidiano, algo que modifica nuestros hábitos, introduciéndose en nuestras vidas sin ninguna intención de abandonarlas.



Capítulo 7. Cronología

7. Cronología.

AÑO	ACONTECIMIENTO
1957	<ul style="list-style-type: none">• Lanzamiento del <i>Sputnik</i> por parte de la URSS, primer satélite artificial.
1958	<ul style="list-style-type: none">• Creación de ARPA.
1960	<ul style="list-style-type: none">• Licklider publica "<i>Man-computer symbiosis</i>".• Paul Baran comienza a investigar la "conmutación de paquetes".
1961	<ul style="list-style-type: none">• Leonard Kleinrock publica "Flujo de información en grandes redes de comunicación", primer artículo escrito sobre la teoría de conmutación de paquetes.• Jack P. Ruina se convierte en director de ARPA.
1962	<ul style="list-style-type: none">• Licklider toma el control de la investigación dirigiendo la IPTO dentro de ARPA.
1963	<ul style="list-style-type: none">• D. Engelbart inventa el ratón.
1964	<ul style="list-style-type: none">• Leonard Kleinrock publica "Redes de Comunicación", trabajo en el que se basa el comienzo del diseño de la Red.• Paul Baran publica "Redes de Comunicaciones Distribuidas", trabajo por el cual existe el rumor del falso militarismo detrás de la Red.• Iván Sutherland se convierte en segundo director de IPTO.• Conferencia de Homestead, Virginia.
1965	<ul style="list-style-type: none">• Thomas Marill y Lawrence Roberts fueron capaces de conectar una computadora del MIT, la TX-2 con un Q-32 en California por una línea telefónica.
1966	<ul style="list-style-type: none">• Donald Davies introduce el término "Conmutación de Paquetes".• Bob Taylor se convierte en director de IPTO y convence a Charles Herzfeld (director de ARPA) para comenzar un nuevo proyecto, que será conocido como ARPAnet.• Larry Roberts publica "Hacia una Red Cooperativa de Tiempo Compartido Informática".• Comienza el proyecto con Larry Roberts como jefe de proyecto.
1967	<ul style="list-style-type: none">• Reunión de ARPA en Harbour, Michigan. Wes Clark propone el diseño de una subred de equipos de procesamiento, que serán conocidos como IMP.• Se publica el primer papel con el diseño de ARPAnet en la Conferencia de Gatlinburg, Tennessee. Donde además R. Scantlebury presenta la conmutación de paquetes al equipo de ARPA.
1968	<ul style="list-style-type: none">• Roberts establece el Centro de Medidas de Red en UCLA.• ARPA anuncia que la BBN desarrollará el IMP.
1969	<ul style="list-style-type: none">• Bob Kahn realiza el "BBN Report 1822", donde se detalla la interfaz <i>host-to-imp</i>.• Se publica el RFC NUM 1.

1970	<ul style="list-style-type: none"> • Quedan instalados los cuatro primeros nodos de ARPAnet. • Primer enlace a través del país conectando la BBN a la Red. • Network Control Protocol (NCP), primer protocolo <i>host-to-host</i>. • La Universidad de Hawai desarrolló ALOHAnet, que establece algunos principios para Ethernet y que también es la primera red de paquetes de radio.
1971	<ul style="list-style-type: none"> • Primer TIP en ARPAnet, permitiendo terminales conectarse directamente a la Red.
1972	<ul style="list-style-type: none"> • Primer programa de correo electrónico de Ray Tomlinson. • Se publica el RFC 354 sobre FTP. • Primera demostración pública de ARPAnet en la ICCC en el Washington Hilton, organizada por Bob Kahn de la BBN.
1973	<ul style="list-style-type: none"> • Bob Kahn y Vint Cerf comienzan a desarrollar un protocolo entre redes. • Bob Metcalfe inventa Ethernet en Xerox PARC. • Roberts deja ARPA para afiliarse a Telenet. Licklider vuelve como director de IPTO en su lugar.
1974	<ul style="list-style-type: none"> • Bob Kahn y Vint Cerf publican "Protocolo para la Interconexión de Paquetes en Red".
1975	<ul style="list-style-type: none"> • La DCA asume el control de ARPAnet.
1976	<ul style="list-style-type: none"> • Vint Cerf se une a ARPA como jefe de los proyectos de envío de paquetes por radio, por satélite y de los programas de investigación de conmutación de paquetes.
1977	<ul style="list-style-type: none"> • Primer sistema de varias redes funcionando: la red por radio, SATNET y ARPAnet vía TCP.
1978	<ul style="list-style-type: none"> • Se crea el TCP/IP.
1979	<ul style="list-style-type: none"> • Aparecen otras redes: USENET, CSNET, BITNET...
1980	<ul style="list-style-type: none"> • NSF comienza a gestionar CSNET, incrementando su volumen considerablemente.
1983	<ul style="list-style-type: none"> • Transición oficial al TCP/IP. • La DCA separa MILNET de ARPAnet dejando 45 nodos y 68 nodos respectivamente para cada red tras la división. • Se crea el DNS (Sistema de Nombres de Dominios) para sobrellevar el correo electrónico, .edu, .gov, .com, .mil, .org, .net y .int.
1985	<ul style="list-style-type: none"> • La NSF organiza el esqueleto de NSFNET para conectar cinco súper ordenadores que servirán para dar acceso a toda la red estatal.
1989	<ul style="list-style-type: none"> • Aparece el World Wide Web de Tim Berners-Lee. • Desaparece ARPAnet.
1991	<ul style="list-style-type: none"> • NSF abre Internet al uso comercial. • Aparece Mosaic.

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

Capítulo 8. Conclusiones

8. Conclusiones.

Con la lectura de este trabajo se pretende hacer entender al lector cuáles fueron las claves para que en su día se comenzara a investigar en la interconexión de ordenadores, es decir, el o los detonantes que marcaron dicho comienzo y por supuesto, las claves de su correcto desarrollo hasta la aparición de Internet como lo conocemos hoy en día.

Habiendo realizado un estudio del entorno social, político y económico de la aparición de Internet, podemos deducir que las principales causas de su inicio fueron:

- La primera causa sin duda fue la búsqueda de una contestación tecnológica al lanzamiento del Sputnik por parte de la URSS, hecho que puso en evidencia la supuesta supremacía estadounidense en el campo de la ciencia. El orgullo americano se vio fuertemente afectado.
- La segunda causa, siendo meramente objetivos, fue el superávit económico que existía en aquel momento en el país. Tras la II Guerra Mundial el panorama es simple, una Europa destrozada en todos los aspectos y un EEUU que no sólo no se ve afectado por ella sino que se ve fuertemente beneficiado. Hemos visto que el PNB del país casi se triplica entre la década de los 40 y la de los 60. Apostar por la ciencia bajo estas condiciones es mucho más fácil.
- Decisiones políticas acertadas. Pese a que podríamos criticar las decisiones del presidente Eisenhower en otras materias, lo cierto es que fue él quien apostó por darle la ciencia a los científicos, cuando mayormente era de los militares. La creación de ARPA o de la NASA tienen lugar durante su mandato. Pese a que él mismo era un militar, supo ver que los resultados finales serían más satisfactorios si apartaba los intereses militares de los científicos.

Estas son las causas de un comienzo, de un punto de partida acompañado de cierta incertidumbre, pues no había certeza alguna de que el proyecto que comenzaba, aquel que aquí hemos expuesto, fuera a tener la repercusión que finalmente ha tenido. Ni los propios creadores, visionarios, científicos que trabajaron en él tuvieron nunca en mente que el resultado sería el que es, Internet. Por eso en conclusión de este documento también debemos hablar de cuáles fueron las causas de su correcto devenir, las causas que hicieron que el proyecto llegara a buen puerto y no sucumbiera en los improperios del camino, una vez este comenzara:

- La primera acción que toma ARPA, y más concretamente Licklider, es establecer contratos con los principales centros de investigación del país. Con esto se consigue la posibilidad de establecer un rumbo hacia donde orientarse de una manera conjunta, además de facilitar posibles estandarizaciones en campos emergentes como la informática. Se pasa de investigación militar a investigación científica.
- Los motivos de su desarrollo. La decisión de crear una Red de ordenadores parte sencillamente del análisis del entorno de un país por parte de Bob Taylor. EEUU por sus dimensiones tenía dificultades para compartir recursos de una manera eficiente. Lejos de las

teorías militaristas sobre el origen de Internet, o en este caso de ARPAnet, la Red surge como una búsqueda de ahorro en el uso de recursos científicos, como una vía de contacto entre distintos centros que facilite el camino del desarrollo.

- Delegación de responsabilidades según los conocimientos individuales. En este proyecto se eligió con criterio científico quiénes debían participar en él, decisiones tomadas en gran medida por Larry Roberts, quien pese a que en ciertos puntos los intereses económicos pudieran llevarle a la elección de otras personas, fue su objetividad quien tomó dichas decisiones (véase el caso de la BBN y el desarrollo del IMP). La historia demuestra que es difícil elegir lo correcto y no lo que interesa al bolsillo (véase actualidad en España).
- Trabajo en equipo. La informática puede ser la materia que más requiera de este método de trabajo. Acostumbrados a hablar de quién inventó esto o lo otro, se puede decir que en este campo siempre existen varios partícipes, pese a que la idea provenga de una persona concreta. A la hora de aprender hoy día programación también se comparte esta metodología, que sin duda tiene su origen en proyectos como ARPAnet. Teníamos una persona en la dirección y la comunicación entre el grupo, y otras personas encargadas de desarrollar "piezas" de este "puzle" tecnológico. La correcta coordinación era un factor clave que se sobrellevó de forma excepcional, cumpliendo en todo momento los plazos que se marcaban desde la dirección.
- Anticipación a los problemas. En el transcurso del proyecto, como es obvio, surgieron numerosas dudas de cómo resolver tal o cual problema. El razonamiento de respuesta era siempre el mismo, si hoy tenemos un problema "X", lo más probable es que mañana sea "2X", pasado "3X"... basándose en esas apreciaciones se buscó siempre el estudio del problema de raíz para que la posible solución fuera en la medida de lo posible permanente. Es importante entender "en la medida de lo posible" pues un campo como la informática cambia a velocidad de vértigo, pero asumiendo un diseño adaptativo y sencillo se facilitaba sobremanera la implementación de alguna mejora. No se aportaban soluciones parciales o temporales, si se requería de un mes de trabajo constante en la Red, se llevaba a cabo. El factor económico en este aspecto también fue determinante, pues se tardaron décadas en sacarle rentabilidad a esta herramienta.

Podríamos ya en este punto decir que el origen de Internet no se debe a la casualidad o a la fortuna, se debe a una continuidad y constancia en el trabajo fruto de varios factores que permiten o facilitan la consecución de este, y que sin ellos difícilmente se habría dado tal hallazgo. Es posible que en otros lugares del mundo, allá por la década de los 60, hubiera científicos trabajando en esta materia, pero como era y es lógico, suele ser el gigante quien dispone de, además de las mentes, de las condiciones apropiadas para llevarse el gato al agua y seguir a la cabeza de la carrera tecnológica.

La consecución de una Red Global, como la consecución de muchos otros proyectos científicos, se debe sencillamente al correcto uso de las "piezas" de las que dispone una nación sobre el "tablero".

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

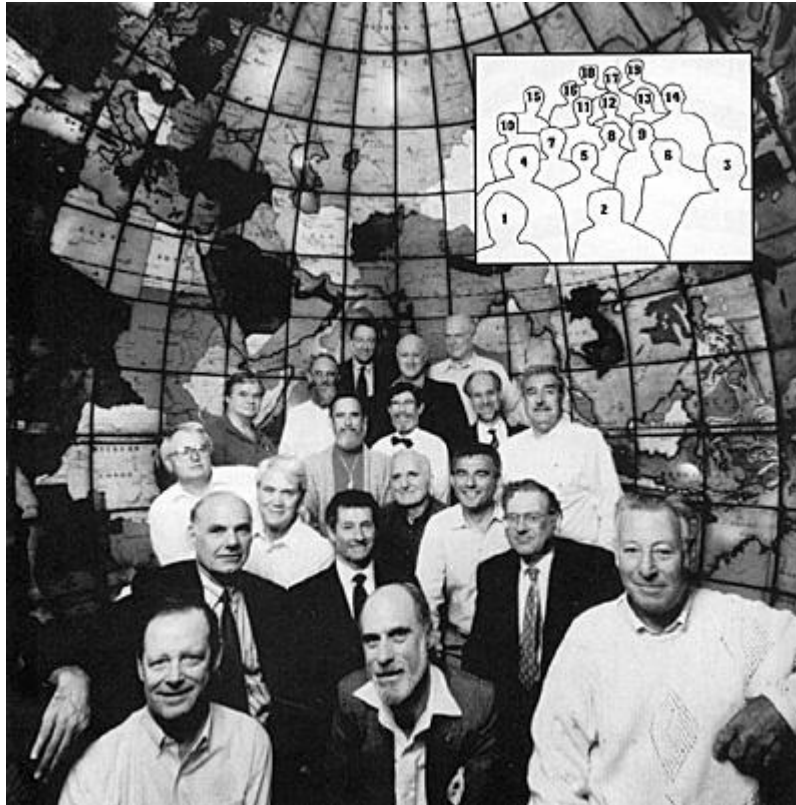


Fig. 9.1. Foto de los pioneros de Internet: De izquierda a derecha, primera fila: Bob Taylor (1), Vint Cerf (2), Frank Heart (3); segunda fila: Larry Roberts (4), Len Kleinrock (5), Bob Kahn (6); tercera fila: Wes Clark (7), Doug Engelbart (8), Barry Wessler (9); cuarta fila: Dave Walden (10), Severo Ornstein (11), Truett Thach (12), Roger Scantlebury (13), Charlie Herzfeld (14); quinta fila: Ben Barker (15), Jon Postel (16), Steve Crocker (17); última fila: Bill Naylor (18), Roland Bryan (19).
Foto © Clark Quinn, Boston, Massachusetts. 1994.

Por último, añadir unas palabras con las que Danny Cohen finalizó su simposio en el 20 aniversario de ARPAnet:

"En un principio ARPA creó ARPAnet.

Y ARPAnet estaba sin forma ni contenido.

Y la oscuridad llegaba hasta lo profundo.

Y el espíritu de ARPA miró a la cara a la red y ARPA dijo, -Que haya un protocolo- y lo hubo. Y ARPA vio que funcionaba.

Y ARPA dijo, -Que haya más protocolos- y los hubo. Y ARPA vio que funcionaban.

Y ARPA dijo, -Que haya más redes- y las hubo."

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

Anexos

Anexo I.

Man-Computer Symbiosis

J. C. R. Licklider

IRE Transactions on Human Factors in Electronics,
volume HFE-1, pages 4-11, March 1960

Summary

Man-computer symbiosis is an expected development in cooperative interaction between men and electronic computers. It will involve very close coupling between the human and the electronic members of the partnership. The main aims are 1) to let computers facilitate formulative thinking as they now facilitate the solution of formulated problems, and 2) to enable men and computers to cooperate in making decisions and controlling complex situations without inflexible dependence on predetermined programs. In the anticipated symbiotic partnership, men will set the goals, formulate the hypotheses, determine the criteria, and perform the evaluations. Computing machines will do the routinizable work that must be done to prepare the way for insights and decisions in technical and scientific thinking. Preliminary analyses indicate that the symbiotic partnership will perform intellectual operations much more effectively than man alone can perform them. Prerequisites for the achievement of the effective, cooperative association include developments in computer time sharing, in memory components, in memory organization, in programming languages, and in input and output equipment.

1. Introduction.

1.1. Symbiosis.

The fig tree is pollinated only by the insect *Blastophaga grossorum*. The larva of the insect lives in the ovary of the fig tree, and there it gets its food. The tree and the insect are thus heavily interdependent: the tree cannot reproduce without the insect; the insect cannot eat without the tree; together, they constitute not only a viable but a productive and thriving partnership. This cooperative "living together in intimate association, or even close union, of two dissimilar organisms" is called symbiosis [27].

"Man-computer symbiosis is a subclass of man-machine systems. There are many man-machine systems. At present, however, there are no man-computer symbioses. The purposes of this paper are

to present the concept and, hopefully, to foster the development of man-computer symbiosis by analyzing some problems of interaction between men and computing machines, calling attention to applicable principles of man-machine engineering, and pointing out a few questions to which research answers are needed. The hope is that, in not too many years, human brains and computing machines will be coupled together very tightly, and that the resulting partnership will think as no human brain has ever thought and process data in a way not approached by the information-handling machines we know today.

1.2. Between "Mechanically Extended Man" and "Artificial Intelligence".

As a concept, man-computer symbiosis is different in an important way from what North [21] has called "mechanically extended man." In the man-machine systems of the past, the human operator supplied the initiative, the direction, the integration, and the criterion. The mechanical parts of the systems were mere extensions, first of the human arm, then of the human eye. These systems certainly did not consist of "dissimilar organisms living together..." There was only one kind of organism-man-and the rest was there only to help him.

In one sense of course, any man-made system is intended to help man, to help a man or men outside the system. If we focus upon the human operator within the system, however, we see that, in some areas of technology, a fantastic change has taken place during the last few years. "Mechanical extension" has given way to replacement of men, to automation, and the men who remain are there more to help than to be helped. In some instances, particularly in large computer-centered information and control systems, the human operators are responsible mainly for functions that it proved infeasible to automate. Such systems ("humanly extended machines," North might call them) are not symbiotic systems. They are "semi-automatic" systems, systems that started out to be fully automatic but fell short of the goal.

Man-computer symbiosis is probably not the ultimate paradigm for complex technological systems. It seems entirely possible that, in due course, electronic or chemical "machines" will outdo the human brain in most of the functions we now consider exclusively within its province. Even now, Gelernter's IBM-704 program for proving theorems in plane geometry proceeds at about the same pace as Brooklyn high school students, and makes similar errors.[12] There are, in fact, several theorem-proving, problem-solving, chess-playing, and pattern-recognizing programs (too many for complete reference [1, 2, 5, 8, 11, 13, 17, 18, 19, 22, 23, 25]) capable of rivaling human intellectual performance in restricted areas; and Newell, Simon, and Shaw's [20] "general problem solver" may remove some of the restrictions. In short, it seems worthwhile to avoid argument with (other) enthusiasts for artificial intelligence by conceding dominance in the distant future of cerebration to machines alone. There will nevertheless be a fairly long interim during which the main intellectual advances will be made by men and computers working together in intimate association. A multidisciplinary study group, examining future research and development problems of the Air Force, estimated that it would be 1980 before developments in artificial intelligence make it possible for machines alone to do much thinking or problem solving of military significance. That would leave,

say, five years to develop man-computer symbiosis and 15 years to use it. The 15 may be 10 or 500, but those years should be intellectually the most creative and exciting in the history of mankind.

2. Aims of Man-Computer Symbiosis.

Present-day computers are designed primarily to solve preformulated problems or to process data according to predetermined procedures. The course of the computation may be conditional upon results obtained during the computation, but all the alternatives must be foreseen in advance. (If an unforeseen alternative arises, the whole process comes to a halt and awaits the necessary extension of the program.) The requirement for preformulation or predetermination is sometimes no great disadvantage. It is often said that programming for a computing machine forces one to think clearly, that it disciplines the thought process. If the user can think his problem through in advance, symbiotic association with a computing machine is not necessary.

However, many problems that can be thought through in advance are very difficult to think through in advance. They would be easier to solve, and they could be solved faster, through an intuitively guided trial-and-error procedure in which the computer cooperated, turning up flaws in the reasoning or revealing unexpected turns in the solution. Other problems simply cannot be formulated without computing-machine aid. Poincare anticipated the frustration of an important group of would-be computer users when he said, "The question is not, 'What is the answer?' The question is, 'What is the question?'" One of the main aims of man-computer symbiosis is to bring the computing machine effectively into the formulative parts of technical problems.

The other main aim is closely related. It is to bring computing machines effectively into processes of thinking that must go on in "real time," time that moves too fast to permit using computers in conventional ways. Imagine trying, for example, to direct a battle with the aid of a computer on such a schedule as this. You formulate your problem today. Tomorrow you spend with a programmer. Next week the computer devotes 5 minutes to assembling your program and 47 seconds to calculating the answer to your problem. You get a sheet of paper 20 feet long, full of numbers that, instead of providing a final solution, only suggest a tactic that should be explored by simulation. Obviously, the battle would be over before the second step in its planning was begun. To think in interaction with a computer in the same way that you think with a colleague whose competence supplements your own will require much tighter coupling between man and machine than is suggested by the example and than is possible today.

3. Need for Computer Participation in Formulative and Real-Time Thinking.

The preceding paragraphs tacitly made the assumption that, if they could be introduced effectively into the thought process, the functions that can be performed by data-processing machines would improve or facilitate thinking and problem solving in an important way. That assumption may require justification.

3.1. A Preliminary and Informal Time-and-Motion Analysis of Technical Thinking.

Despite the fact that there is a voluminous literature on thinking and problem solving, including intensive case-history studies of the process of invention, I could find nothing comparable to a time-and-motion-study analysis of the mental work of a person engaged in a scientific or technical enterprise. In the spring and summer of 1957, therefore, I tried to keep track of what one moderately technical person actually did during the hours he regarded as devoted to work. Although I was aware of the inadequacy of the sampling, I served as my own subject.

It soon became apparent that the main thing I did was to keep records, and the project would have become an infinite regress if the keeping of records had been carried through in the detail envisaged in the initial plan. It was not. Nevertheless, I obtained a picture of my activities that gave me pause. Perhaps my spectrum is not typical--I hope it is not, but I fear it is.

About 85 per cent of my "thinking" time was spent getting into a position to think, to make a decision, to learn something I needed to know. Much more time went into finding or obtaining information than into digesting it. Hours went into the plotting of graphs, and other hours into instructing an assistant how to plot. When the graphs were finished, the relations were obvious at once, but the plotting had to be done in order to make them so. At one point, it was necessary to compare six experimental determinations of a function relating speech-intelligibility to speech-to-noise ratio. No two experimenters had used the same definition or measure of speech-to-noise ratio. Several hours of calculating were required to get the data into comparable form. When they were in comparable form, it took only a few seconds to determine what I needed to know.

Throughout the period I examined, in short, my "thinking" time was devoted mainly to activities that were essentially clerical or mechanical: searching, calculating, plotting, transforming, determining the logical or dynamic consequences of a set of assumptions or hypotheses, preparing the way for a decision or an insight. Moreover, my choices of what to attempt and what not to attempt were determined to an embarrassingly great extent by considerations of clerical feasibility, not intellectual capability.

The main suggestion conveyed by the findings just described is that the operations that fill most of the time allegedly devoted to technical thinking are operations that can be performed more effectively by machines than by men. Severe problems are posed by the fact that these operations have to be performed upon diverse variables and in unforeseen and continually changing sequences. If those problems can be solved in such a way as to create a symbiotic relation between a man and a fast information-retrieval and data-processing machine, however, it seems evident that the cooperative interaction would greatly improve the thinking process.

It may be appropriate to acknowledge, at this point, that we are using the term "computer" to cover a wide class of calculating, data-processing, and information-storage-and-retrieval machines. The

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

capabilities of machines in this class are increasing almost daily. It is therefore hazardous to make general statements about capabilities of the class. Perhaps it is equally hazardous to make general statements about the capabilities of men. Nevertheless, certain genotypic differences in capability between men and computers do stand out, and they have a bearing on the nature of possible man-computer symbiosis and the potential value of achieving it.

As has been said in various ways, men are noisy, narrow-band devices, but their nervous systems have very many parallel and simultaneously active channels. Relative to men, computing machines are very fast and very accurate, but they are constrained to perform only one or a few elementary operations at a time. Men are flexible, capable of "programming themselves contingently" on the basis of newly received information. Computing machines are single-minded, constrained by their "pre-programming." Men naturally speak redundant languages organized around unitary objects and coherent actions and employing 20 to 60 elementary symbols. Computers "naturally" speak nonredundant languages, usually with only two elementary symbols and no inherent appreciation either of unitary objects or of coherent actions.

To be rigorously correct, those characterizations would have to include many qualifiers. Nevertheless, the picture of dissimilarity (and therefore potential supplementation) that they present is essentially valid. Computing machines can do readily, well, and rapidly many things that are difficult or impossible for man, and men can do readily and well, though not rapidly, many things that are difficult or impossible for computers. That suggests that a symbiotic cooperation, if successful in integrating the positive characteristics of men and computers, would be of great value. The differences in speed and in language, of course, pose difficulties that must be overcome.

4. Separable Functions of Men and Computers in the Anticipated Symbiotic Association.

It seems likely that the contributions of human operators and equipment will blend together so completely in many operations that it will be difficult to separate them neatly in analysis. That would be the case it; in gathering data on which to base a decision, for example, both the man and the computer came up with relevant precedents from experience and if the computer then suggested a course of action that agreed with the man's intuitive judgment. (In theorem-proving programs, computers find precedents in experience, and in the SAGE System, they suggest courses of action. The foregoing is not a far-fetched example.) In other operations, however, the contributions of men and equipment will be to some extent separable.

Men will set the goals and supply the motivations, of course, at least in the early years. They will formulate hypotheses. They will ask questions. They will think of mechanisms, procedures, and models. They will remember that such-and-such a person did some possibly relevant work on a topic of interest back in 1947, or at any rate shortly after World War II, and they will have an idea in what journals it might have been published. In general, they will make approximate and fallible, but

leading, contributions, and they will define criteria and serve as evaluators, judging the contributions of the equipment and guiding the general line of thought.

In addition, men will handle the very-low-probability situations when such situations do actually arise. (In current man-machine systems, that is one of the human operator's most important functions. The sum of the probabilities of very-low-probability alternatives is often much too large to neglect.) Men will fill in the gaps, either in the problem solution or in the computer program, when the computer has no mode or routine that is applicable in a particular circumstance.

The information-processing equipment, for its part, will convert hypotheses into testable models and then test the models against data (which the human operator may designate roughly and identify as relevant when the computer presents them for his approval). The equipment will answer questions. It will simulate the mechanisms and models, carry out the procedures, and display the results to the operator. It will transform data, plot graphs ("cutting the cake" in whatever way the human operator specifies, or in several alternative ways if the human operator is not sure what he wants). The equipment will interpolate, extrapolate, and transform. It will convert static equations or logical statements into dynamic models so the human operator can examine their behavior. In general, it will carry out the routinizable, clerical operations that fill the intervals between decisions.

In addition, the computer will serve as a statistical-inference, decision-theory, or game-theory machine to make elementary evaluations of suggested courses of action whenever there is enough basis to support a formal statistical analysis. Finally, it will do as much diagnosis, pattern-matching, and relevance-recognizing as it profitably can, but it will accept a clearly secondary status in those areas.

5. Prerequisites for Realization of Man-Computer Symbiosis.

The data-processing equipment tacitly postulated in the preceding section is not available. The computer programs have not been written. There are in fact several hurdles that stand between the nonsymbiotic present and the anticipated symbiotic future. Let us examine some of them to see more clearly what is needed and what the chances are of achieving it.

5.1. Speed Mismatch Between Men and Computers.

Any present-day large-scale computer is too fast and too costly for real-time cooperative thinking with one man. Clearly, for the sake of efficiency and economy, the computer must divide its time among many users. Timesharing systems are currently under active development. There are even arrangements to keep users from "clobbering" anything but their own personal programs.

It seems reasonable to envision, for a time 10 or 15 years hence, a "thinking center" that will incorporate the functions of present-day libraries together with anticipated advances in information storage and retrieval and the symbiotic functions suggested earlier in this paper. The picture readily

enlarges itself into a network of such centers, connected to one another by wide-band communication lines and to individual users by leased-wire services. In such a system, the speed of the computers would be balanced, and the cost of the gigantic memories and the sophisticated programs would be divided by the number of users.

5.2. Memory Hardware Requirements.

When we start to think of storing any appreciable fraction of a technical literature in computer memory, we run into billions of bits and, unless things change markedly, billions of dollars.

The first thing to face is that we shall not store all the technical and scientific papers in computer memory. We may store the parts that can be summarized most succinctly-the quantitative parts and the reference citations-but not the whole. Books are among the most beautifully engineered, and human-engineered, components in existence, and they will continue to be functionally important within the context of man-computer symbiosis. (Hopefully, the computer will expedite the finding, delivering, and returning of books.)

The second point is that a very important section of memory will be permanent: part indelible *memory* and part *published memory*. The computer will be able to write once into indelible memory, and then read back indefinitely, but the computer will not be able to erase indelible memory. (It may also over-write, turning all the 0's into 1's, as though marking over what was written earlier.) Published memory will be "read-only" memory. It will be introduced into the computer already structured. The computer will be able to refer to it repeatedly, but not to change it. These types of memory will become more and more important as computers grow larger. They can be made more compact than core, thin-film, or even tape memory, and they will be much less expensive. The main engineering problems will concern selection circuitry.

In so far as other aspects of memory requirement are concerned, we may count upon the continuing development of ordinary scientific and business computing machines. There is some prospect that memory elements will become as fast as processing (logic) elements. That development would have a revolutionary effect upon the design of computers.

5.3. Memory Organization Requirements.

Implicit in the idea of man-computer symbiosis are the requirements that information be retrievable both by name and by pattern and that it be accessible through procedure much faster than serial search. At least half of the problem of memory organization appears to reside in the storage procedure. Most of the remainder seems to be wrapped up in the problem of pattern recognition within the storage mechanism or medium. Detailed discussion of these problems is beyond the present scope. However, a brief outline of one promising idea, "trie memory," may serve to indicate the general nature of anticipated developments.

Trie memory is so called by its originator, Fredkin [10], because it is designed to facilitate retrieval of information and because the branching storage structure, when developed, resembles a tree. Most common memory systems store functions of arguments at locations designated by the arguments. (In one sense, they do not store the arguments at all. In another and more realistic sense, they store all the possible arguments in the framework structure of the memory.) The trie memory system, on the other hand, stores both the functions and the arguments. The argument is introduced into the memory first, one character at a time, starting at a standard initial register. Each argument register has one cell for each character of the ensemble (e.g., two for information encoded in binary form) and each character cell has within it storage space for the address of the next register. The argument is stored by writing a series of addresses, each one of which tells where to find the next. At the end of the argument is a special "end-of-argument" marker. Then follow directions to the function, which is stored in one or another of several ways, either further trie structure or "list structure" often being most effective.

The trie memory scheme is inefficient for small memories, but it becomes increasingly efficient in using available storage space as memory size increases. The attractive features of the scheme are these: 1) The retrieval process is extremely simple. Given the argument, enter the standard initial register with the first character, and pick up the address of the second. Then go to the second register, and pick up the address of the third, etc. 2) If two arguments have initial characters in common, they use the same storage space for those characters. 3) The lengths of the arguments need not be the same, and need not be specified in advance. 4) No room in storage is reserved for or used by any argument until it is actually stored. The trie structure is created as the items are introduced into the memory. 5) A function can be used as an argument for another function, and that function as an argument for the next. Thus, for example, by entering with the argument, "matrix multiplication," one might retrieve the entire program for performing a matrix multiplication on the computer. 6) By examining the storage at a given level, one can determine what thus-far similar items have been stored. For example, if there is no citation for Egan, J. P., it is but a step or two backward to pick up the trail of Egan, James

The properties just described do not include all the desired ones, but they bring computer storage into resonance with human operators and their predilection to designate things by naming or pointing.

5.4. The Language Problem.

The basic dissimilarity between human languages and computer languages may be the most serious obstacle to true symbiosis. It is reassuring, however, to note what great strides have already been made, through interpretive programs and particularly through assembly or compiling programs such as FORTRAN, to adapt computers to human language forms. The "Information Processing Language" of Shaw, Newell, Simon, and Ellis [24] represents another line of rapprochement. And, in ALGOL and related systems, men are proving their flexibility by adopting standard formulas of representation and expression that are readily translatable into machine language.

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

For the purposes of real-time cooperation between men and computers, it will be necessary, however, to make use of an additional and rather different principle of communication and control. The idea may be highlighted by comparing instructions ordinarily addressed to intelligent human beings with instructions ordinarily used with computers. The latter specify precisely the individual steps to take and the sequence in which to take them. The former present or imply something about incentive or motivation, and they supply a criterion by which the human executor of the instructions will know when he has accomplished his task. In short: instructions directed to computers specify courses; instructions-directed to human beings specify goals.

Men appear to think more naturally and easily in terms of goals than in terms of courses. True, they usually know something about directions in which to travel or lines along which to work, but few start out with precisely formulated itineraries. Who, for example, would depart from Boston for Los Angeles with a detailed specification of the route? Instead, to paraphrase Wiener, men bound for Los Angeles try continually to decrease the amount by which they are not yet in the smog.

Computer instruction through specification of goals is being approached along two paths. The first involves problem-solving, hill-climbing, self-organizing programs. The second involves real-time concatenation of preprogrammed segments and closed subroutines which the human operator can designate and call into action simply by name.

Along the first of these paths, there has been promising exploratory work. It is clear that, working within the loose constraints of predetermined strategies, computers will in due course be able to devise and simplify their own procedures for achieving stated goals. Thus far, the achievements have not been substantively important; they have constituted only "demonstration in principle." Nevertheless, the implications are far-reaching.

Although the second path is simpler and apparently capable of earlier realization, it has been relatively neglected. Fredkin's trie memory provides a promising paradigm. We may in due course see a serious effort to develop computer programs that can be connected together like the words and phrases of speech to do whatever computation or control is required at the moment. The consideration that holds back such an effort, apparently, is that the effort would produce nothing that would be of great value in the context of existing computers. It would be unrewarding to develop the language before there are any computing machines capable of responding meaningfully to it.

5.5. Input and Output Equipment.

The department of data processing that seems least advanced, in so far as the requirements of man-computer symbiosis are concerned, is the one that deals with input and output equipment or, as it is seen from the human operator's point of view, displays and controls. Immediately after saying that, it is essential to make qualifying comments, because the engineering of equipment for high-speed introduction and extraction of information has been excellent, and because some very sophisticated

display and control techniques have been developed in such research laboratories as the Lincoln Laboratory. By and large, in generally available computers, however, there is almost no provision for any more effective, immediate man-machine communication than can be achieved with an electric typewriter.

Displays seem to be in a somewhat better state than controls. Many computers plot graphs on oscilloscope screens, and a few take advantage of the remarkable capabilities, graphical and symbolic, of the charactron display tube. Nowhere, to my knowledge, however, is there anything approaching the flexibility and convenience of the pencil and doodle pad or the chalk and blackboard used by men in technical discussion.

1) *Desk-Surface Display and Control*: Certainly, for effective man-computer interaction, it will be necessary for the man and the computer to draw graphs and pictures and to write notes and equations to each other on the same display surface. The man should be able to present a function to the computer, in a rough but rapid fashion, by drawing a graph. The computer should read the man's writing, perhaps on the condition that it be in clear block capitals, and it should immediately post, at the location of each hand-drawn symbol, the corresponding character as interpreted and put into precise type-face. With such an input-output device, the operator would quickly learn to write or print in a manner legible to the machine. He could compose instructions and subroutines, set them into proper format, and check them over before introducing them finally into the computer's main memory. He could even define new symbols, as Gilmore and Savell [14] have done at the Lincoln Laboratory, and present them directly to the computer. He could sketch out the format of a table roughly and let the computer shape it up with precision. He could correct the computer's data, instruct the machine via flow diagrams, and in general interact with it very much as he would with another engineer, except that the "other engineer" would be a precise draftsman, a lightning calculator, a mnemonic wizard, and many other valuable partners all in one.

2) *Computer-Posted Wall Display*: In some technological systems, several men share responsibility for controlling vehicles whose behaviors interact. Some information must be presented simultaneously to all the men, preferably on a common grid, to coordinate their actions. Other information is of relevance only to one or two operators. There would be only a confusion of uninterpretable clutter if all the information were presented on one display to all of them. The information must be posted by a computer, since manual plotting is too slow to keep it up to date.

The problem just outlined is even now a critical one, and it seems certain to become more and more critical as time goes by. Several designers are convinced that displays with the desired characteristics can be constructed with the aid of flashing lights and time-sharing viewing screens based on the light-valve principle.

The large display should be supplemented, according to most of those who have thought about the problem, by individual display-control units. The latter would permit the operators to modify the wall display without leaving their locations. For some purposes, it would be desirable for the operators to

be able to communicate with the computer through the supplementary displays and perhaps even through the wall display. At least one scheme for providing such communication seems feasible.

The large wall display and its associated system are relevant, of course, to symbiotic cooperation between a computer and a team of men. Laboratory experiments have indicated repeatedly that informal, parallel arrangements of operators, coordinating their activities through reference to a large situation display, have important advantages over the arrangement, more widely used, that locates the operators at individual consoles and attempts to correlate their actions through the agency of a computer. This is one of several operator-team problems in need of careful study.

3) *Automatic Speech Production and Recognition*: How desirable and how feasible is speech communication between human operators and computing machines? That compound question is asked whenever sophisticated data-processing systems are discussed. Engineers who work and live with computers take a conservative attitude toward the desirability. Engineers who have had experience in the field of automatic speech recognition take a conservative attitude toward the feasibility. Yet there is continuing interest in the idea of talking with computing machines. In large part, the interest stems from realization that one can hardly take a military commander or a corporation president away from his work to teach him to type. If computing machines are ever to be used directly by top-level decision makers, it may be worthwhile to provide communication via the most natural means, even at considerable cost.

Preliminary analysis of his problems and time scales suggests that a corporation president would be interested in a symbiotic association with a computer only as an avocation. Business situations usually move slowly enough that there is time for briefings and conferences. It seems reasonable, therefore, for computer specialists to be the ones who interact directly with computers in business offices.

The military commander, on the other hand, faces a greater probability of having to make critical decisions in short intervals of time. It is easy to overdramatize the notion of the ten-minute war, but it would be dangerous to count on having more than ten minutes in which to make a critical decision. As military system ground environments and control centers grow in capability and complexity, therefore, a real requirement for automatic speech production and recognition in computers seems likely to develop. Certainly, if the equipment were already developed, reliable, and available, it would be used.

In so far as feasibility is concerned, speech production poses less severe problems of a technical nature than does automatic recognition of speech sounds. A commercial electronic digital voltmeter now reads aloud its indications, digit by digit. For eight or ten years, at the Bell Telephone Laboratories, the Royal Institute of Technology (Stockholm), the Signals Research and Development Establishment (Christchurch), the Haskins Laboratory, and the Massachusetts Institute of Technology, Dunn [6], Fant [7], Lawrence [15], Cooper [3], Stevens [26], and their co-workers, have demonstrated successive generations of intelligible automatic talkers. Recent work at the Haskins Laboratory has

led to the development of a digital code, suitable for use by computing machines, that makes an automatic voice utter intelligible connected discourse [16].

The feasibility of automatic speech recognition depends heavily upon the size of the vocabulary of words to be recognized and upon the diversity of talkers and accents with which it must work. Ninety-eight per cent correct recognition of naturally spoken decimal digits was demonstrated several years ago at the Bell Telephone Laboratories and at the Lincoln Laboratory [4], [9]. To go a step up the scale of vocabulary size, we may say that an automatic recognizer of clearly spoken alpha-numerical characters can almost surely be developed now on the basis of existing knowledge. Since untrained operators can read at least as rapidly as trained ones can type, such a device would be a convenient tool in almost any computer installation.

For real-time interaction on a truly symbiotic level, however, a vocabulary of about 2000 words, e.g., 1000 words of something like basic English and 1000 technical terms, would probably be required. That constitutes a challenging problem. In the consensus of acousticians and linguists, construction of a recognizer of 2000 words cannot be accomplished now. However, there are several organizations that would happily undertake to develop an automatic recognize for such a vocabulary on a five-year basis. They would stipulate that the speech be clear speech, dictation style, without unusual accent.

Although detailed discussion of techniques of automatic speech recognition is beyond the present scope, it is fitting to note that computing machines are playing a dominant role in the development of automatic speech recognizers. They have contributed the impetus that accounts for the present optimism, or rather for the optimism presently found in some quarters. Two or three years ago, it appeared that automatic recognition of sizeable vocabularies would not be achieved for ten or fifteen years; that it would have to await much further, gradual accumulation of knowledge of acoustic, phonetic, linguistic, and psychological processes in speech communication. Now, however, many see a prospect of accelerating the acquisition of that knowledge with the aid of computer processing of speech signals, and not a few workers have the feeling that sophisticated computer programs will be able to perform well as speech-pattern recognizes even without the aid of much substantive knowledge of speech signals and processes. Putting those two considerations together brings the estimate of the time required to achieve practically significant speech recognition down to perhaps five years, the five years just mentioned.

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

Anexo II.

Network Working Group
Request for Comments: 1

Steve Crocker
UCLA
7 April 1969

Title: Host Software

Author: Steve Crocker

Installation: UCLA

Date: 7 April 1969
Network Working Group Request for Comment: 1

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

CONTENTS

INTRODUCTION

I. A Summary of the IMP Software

Messages

Links

IMP Transmission and Error Checking

Open Questions on the IMP Software

II. Some Requirements Upon the Host-to-Host Software

Simple Use

Deep Use

Error Checking

III. The Host Software

Establishment of a Connection

High Volume Transmission

A Summary of Primitives

Error Checking

Closer Interaction

Open Questions

IV. Initial Experiments

Experiment One

Experiment Two

Introduction

The software for the ARPA Network exists partly in the IMPs and partly in the respective HOSTs. BB&N has specified the software of the IMPs and it is the responsibility of the HOST groups to agree on HOST software.

During the summer of 1968, representatives from the initial four sites met several times to discuss the HOST software and initial experiments on the network. There emerged from these meetings a working group of three, Steve Carr from Utah, Jeff Rulifson from SRI, and Steve Crocker of UCLA, who met during the fall and winter. The most recent meeting was in the last week of March in Utah. Also present was Bill Duvall of SRI who has recently started working with Jeff Rulifson.

Somewhat independently, Gerard DeLoche of UCLA has been working on the HOST-IMP interface.

I present here some of the tentative agreements reached and some of the open questions encountered. Very little of what is here is firm and reactions are expected.

I. A Summary of the IMP Software

Messages

Information is transmitted from HOST to HOST in bundles called messages. A message is any stream of not more than 8080 bits, together with its header. The header is 16 bits and contains the following information:

Destination	5 bits
Link	8 bits
Trace	1 bit
Spare	2 bits

The destination is the numerical code for the HOST to which the message should be sent. The trace bit signals the IMPs to record status information about the message and send the information back to the NMC (Network Measurement Center, i.e., UCLA). The spare bits are unused.

Links

The link field is a special device used by the IMPs to limit certain kinds of congestion. They function as follows. Between every pair of HOSTs there are 32 logical full-duplex connections over which messages may be passed in either direction. The IMPs place the restriction on these links that no HOST can send two successive messages over the same link before the IMP at the destination has sent back a special message called an RFNM (Request for Next Message). This arrangement limits the congestion one HOST can cause another if the sending HOST is attempting to send too much over one link. We note, however, that since the IMP at the destination does not have enough capacity to handle all 32 links simultaneously, the links serve their purpose only if the overload is coming from one or two links. It is necessary for the HOSTs to cooperate in this respect.

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

The links have the following primitive characteristics. They are always functioning and there are always 32 of them. By "always functioning," we mean that the IMPs are always prepared to transmit another message over them. No notion of beginning or ending a conversation is contained in the IMP software. It is thus not possible to query an IMP about the state of a link (although it might be possible to query an IMP about the recent history of a link -- quite a different matter!).

The other primitive characteristic of the links is that there are always 32 of them, whether they are in use or not. This means that each IMP must maintain 18 tables, each with 32 entries, regardless of the actual traffic.

The objections to the link structure notwithstanding, the links are easily programmed within the IMPs and are probably a better alternative to more complex arrangements just because of their simplicity.

IMP Transmission and Error Checking

After receiving a message from a HOST, an IMP partitions the message into one or more packets. Packets are not more than 1010 bits long and are the unit of data transmission from IMP to IMP. A 24 bit cyclic checksum is computed by the transmission hardware and is appended to an outgoing packet. The checksum is recomputed by the receiving hardware and is checked against the transmitted checksum. Packets are reassembled into messages at the destination IMP.

Open Questions on the IMP Software

1. An 8 bit field is provided for link specification, but only 32 links are provided, why?
2. The HOST is supposed to be able to send messages to its IMP. How does it do this?
3. Can a HOST, as opposed to its IMP, control RFNMs?
4. Will the IMPs perform code conversion? How is it to be controlled?

II. Some Requirements Upon the Host-to-Host Software

Simple Use

As with any new facility, there will be a period of very light usage until the community of users experiments with the network and begins to depend upon it. One of our goals must be to stimulate the immediate and easy use by a wide class of users. With this goal, it seems natural to provide the ability to use any remote HOST as if it had been dialed up from a TTY (teletype) terminal. Additionally, we would like some ability to transmit a file in a somewhat different manner perhaps than simulating a teletype.

Deep Use

One of the inherent problems in the network is the fact that all responses

from a remote HOST will require on the order of a half-second or so, no matter how simple. For teletype use, we could shift to a half-duplex local-echo arrangement, but this would destroy some of the usefulness of the network. The 940 Systems, for example, have a very specialized echo.

When we consider using graphics stations or other sophisticated terminals under the control of a remote HOST, the problem becomes more severe. We must look for some method which allows us to use our most sophisticated equipment as much as possible as if we were connected directly to the remote computer.

Error Checking

The point is made by Jeff Rulifson at SRI that error checking at major software interfaces is always a good thing. He points to some experience at SRI where it has saved much dispute and wasted effort. On these grounds, we would like to see some HOST to HOST checking. Besides checking the software interface, it would also check the HOST-IMP transmission hardware. (BB&N claims the HOST-IMP hardware will be as reliable as the internal registers of the HOST. We believe them, but we still want the error checking.)

III. The Host Software

Establishment of a Connection

The simplest connection we can imagine is where the local HOST acts as if it is a TTY and has dialed up the remote HOST. After some consideration of the problems of initiating and terminating such a connection, it has been decided to reserve link 0 for communication between HOST operating systems. The remaining 31 links are thus to be used as dial-up lines.

Each HOST operating system must provide to its user level programs a primitive to establish a connection with a remote HOST and a primitive to break the connection. When these primitives are invoked, the operating system must select a free link and send a message over link 0 to the remote HOST requesting a connection on the selected link. The operating system in the remote HOST must agree and send back an accepting message over link 0. In the event both HOSTs select the same link to initiate a connection and both send request messages at essentially the same time, a simple priority scheme will be invoked in which the HOST of lower priority gives way and selects another free link. One usable priority scheme is simply the ranking of HOSTS by their identification numbers. Note that both HOSTs are aware that simultaneous requests have been made, but they take complementary actions: The higher priority HOST disregards the request while the lower priority HOST sends both an acceptance and another request.

The connection so established is a TTY-like connection in the pre-log-in state. This means the remote HOST operating system will initially treat the link as if a TTY had just called up. The remote HOST will generate the same echos, expect the same log-in sequence and look for the same interrupt characters.

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

High Volume Transmission

Teletypes acting as terminals have two special drawbacks when we consider the transmission of a large file. The first is that some characters are special interrupt characters. The second is that special buffering techniques are often employed, and these are appropriate only for low-speed character at time transmission.

We therefore define another class of connection to be used for the transmission of files or other large volumes of data. To initiate this class of link, user level programs at both ends of an established TTY-like link must request the establishment of a file-like connection parallel to the TTY-like link. Again the priority scheme comes into play, for the higher priority HOST sends a message over link 0 while the lower priority HOST waits for it. The user level programs are, of course, not concerned with this. Selection of the free link is done by the higher priority HOST.

File-like links are distinguished by the fact that no searching for interrupt characters takes place and buffering techniques appropriate for the higher data rates takes place.

A Summary of Primitives

Each HOST operating systems must provide at least the following primitives to its users. This list knows not to be necessary but not sufficient.

- a) Initiate TTY-like connection with HOST x.
- b) Terminate connection.
- c) Send/Receive character(s) over TTY-like connection.
- d) Initiate file-like connection parallel to TTY-like connection.
- e) Terminate file-like connection.
- f) Send/Receive over file-like connection.

Error Checking

We propose that each message carry a message number, bit count, and a checksum in its body, that is transparent to the IMP. For a checksum we suggest a 16-bit end-around-carry sum computed on 1152 bits and then circularly shifted right one bit. The right circular shift every 1152 bits is designed to catch errors in message reassembly by the IMPs.

Closer Interaction

The above described primitives suggest how a user can make simple use of a remote facility. They shed no light on how much more intricate use of the network is to be carried out. Specifically, we are concerned with the fact that as some sites a great deal of work has gone into making the computer highly responsive to a sophisticated console. Culler's consoles at UCSB and Englebart's at SRI are at

least two examples. It is clear that delays of a half-second or so for trivial echo-like responses degrade the interaction to the point of making the sophistication of the console irrelevant.

We believe that most console interaction can be divided into two parts, an essentially local, immediate and trivial part and a remote, more lengthy and significant part. As a simple example, consider a user at a console consisting of a keyboard and refreshing display screen. The program the user is talking typing into accumulates a string of characters until a carriage return is encountered and then it processes the string. While characters are being typed, it displays the characters on the screen. When a rubout character is typed, it deletes the previous non-rubout character. If the user types H E L L O <- <- P <CR> where <- is rubout and <CR> is carriage-return, he has made nine keystrokes. If each of these keystrokes causes a message to be sent which in return invokes instructions to our display station we will quickly become bored.

A better solution would be to have the front-end of the remote program -- that is the part scanning for <- and <CR> -- be resident in our computer. In that case, only one five character message would be sent, i.e., H E L P <CR>, and the screen would be managed locally.

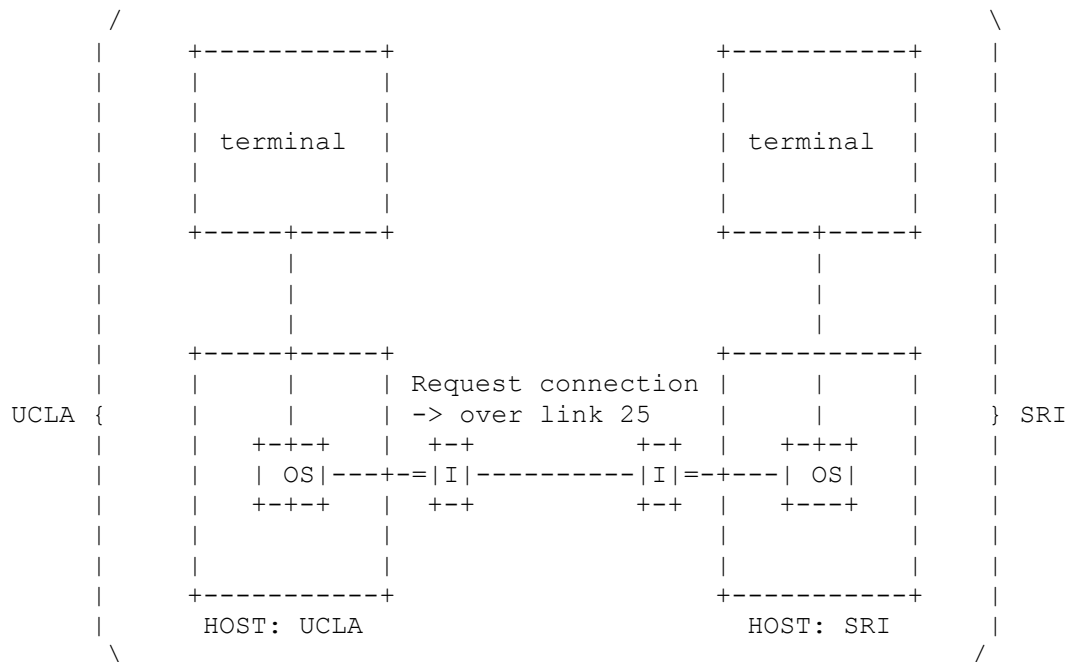
We propose to implement this solution by creating a language for console control. This language, current named DEL, would be used by subsystem designers to specify what components are needed in a terminal and how the terminal is to respond to inputs from its keyboard, Lincoln Wand, etc. Then, as a part of the initial protocol, the remote HOST would send to the local HOST, the source language text of the program which controls the console. This program would have been by the subsystem designer in DEL, but will be compiled locally.

The specifications of DEL are under discussion. The following diagrams show the sequence of actions.

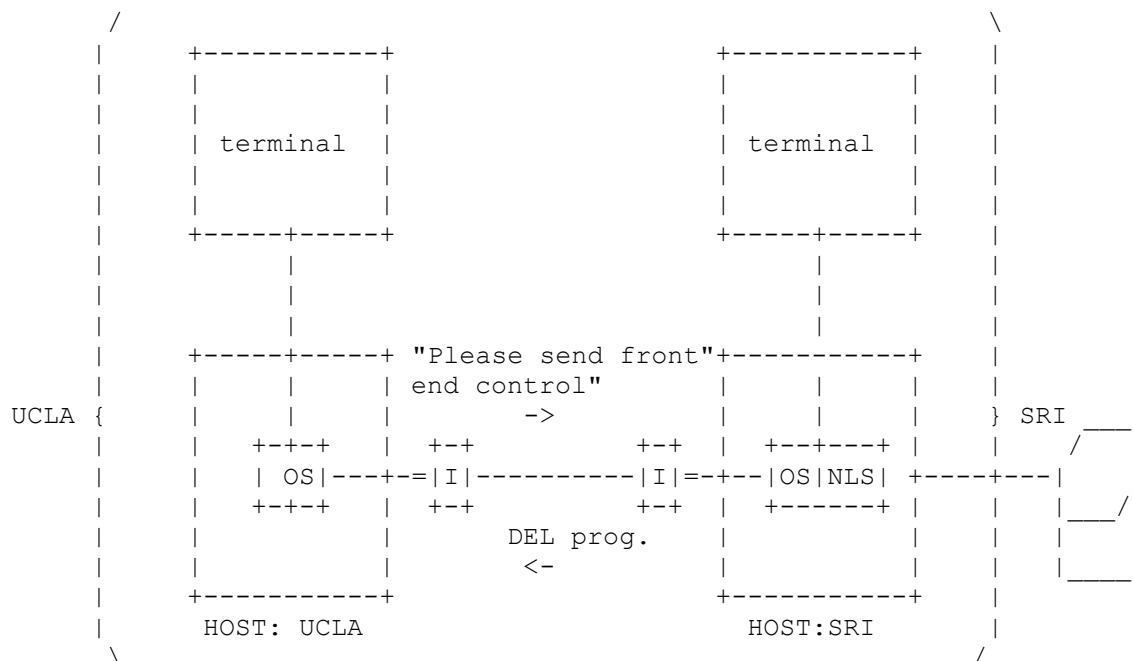
El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

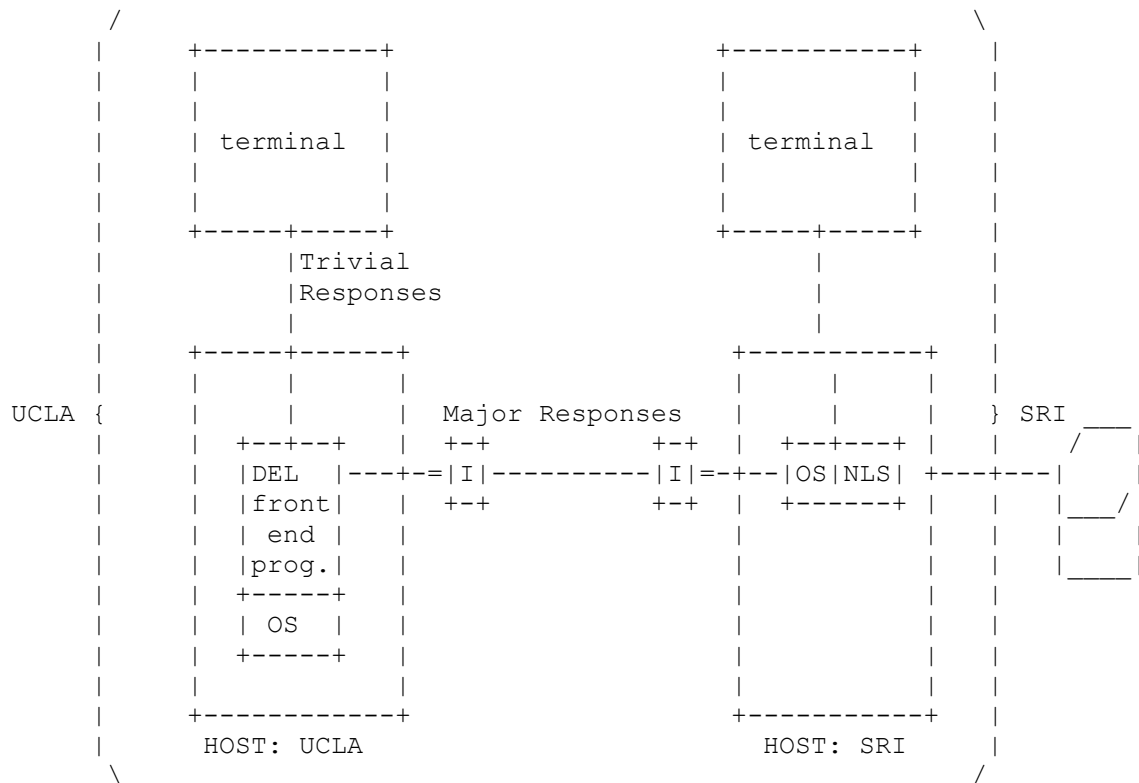
A. Before Link Establishment



b. After Link Establishment and Log-in



c. After Receipt and Compilation of the DEL program



Open Questions

1. If the IMPs do code conversion, the checksum will not be correct.
2. The procedure for requesting the DEL front end is not yet specified.

IV. Initial Experiments

Experiment One

SRI is currently modifying their on-line retrieval system which will be the major software component on the Network Documentation Center so that it can be operated with model 35 teletypes. The control of the teletypes will be written in DEL. All sites will write DEL compilers and use NLS through the DEL program.

Experiment Two

SRI will write a DEL front end for full NLS, graphics included. UCLA and UTAH will use NLS with graphics.

[This RFC was put into machine readable form for entry]
 [into the online RFC archives by Celeste Anderson 3/97]

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

Anexo III.

Nombres propios.

- **Al Vezza.** fue profesor de informática en el MIT y fundador de Infocom, una de las primeras empresas de desarrollo de juegos informáticos. En 1972 fue reclutado por Bob Kahn para llevar a cabo la presentación de ARPAnet al público en el Washington Hilton en la primera Conferencia Internacional de Comunicación Informática.
- **Alex McEnzie.** trabajó en la división informática de Honeywell como programador durante tres años, hasta 1967 que se une a la BBN, donde participaría en el proyecto ARPAnet activamente a partir de 1970. Hizo de enlace entre el NWG y la BBN ya que estaba al cargo del Centro de Control de Red gracias a su meticulosidad y orden en el trabajo y a su amplia visión de negocios.
- **Ben Barker.** desarrollador de *hardware* para la BBN en la década de los 60. A la temprana edad de 22 años, fue el encargado de realizar los ajustes necesarios en el Honeywell 516 para que este realizara las funciones de enrutamiento pertinentes del IMP número 0.
- **Bernie Cosell.** trabajó en el MIT y más tarde como programador de la BBN. Fue uno de los tres encargados de escribir el código del *software* del IMP además de trabajar en el desarrollo de sistemas de *time-sharing*.
- **Bob Metcalfe.** participó en la presentación de ARPAnet al público en el Washington Hilton en la primera Conferencia Internacional de Comunicación Informática, pero será siempre reconocido por desarrollar el estándar de red más popular del mundo, Ethernet. Estudió en el MIT y posteriormente en la prestigiosa Universidad de Harvard. Tras abandonar su trabajo en Xerox, donde ideó la Ethernet, fundó 3com, empresa desde la cual promovió la conectividad entre ordenadores utilizando dicha tecnología.
- **Charles Herzfield.** científico americano que trabajó de forma casi particular para el gobierno estadounidense. Fue director de ARPA y fue suya la decisión personal de llevar a cabo el proyecto de ARPAnet.
- **Dave Walden.** después de trabajar tres años en el *Lincoln Laboratory* del MIT entró en la BBN en 1967. Allí formó parte del selecto grupo de los informáticos que diseñaron el IMP, donde él concretamente se encargaba del desarrollo de las tareas de comunicación del IMP con el servidor.

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

- **Donald Davies.** trabajó en el NPL en Londres desde 1947 en el grupo de trabajo del "PilotACE", el ordenador más veloz por aquel entonces. Licenciado en Matemáticas y Físicas es el responsable de la conmutación de paquetes, es decir, desarrolló un sistema de envío de pequeños bloques de datos entre ordenadores en 1965, trabajo casi idéntico al llevado a cabo por Paul Baran en la Corporación RAND.
- **Doug Engelbart.** es uno de los pioneros de internet y de la informática. Mundialmente conocido como el inventor del "ratón", además de ser uno de los desarrolladores del hipertexto y uno de los precursores de las interfaces gráficas de usuario en los ordenadores. Si uno de los cuatro primeros nodos de ARPAnet estaba en SRI, fue porque él estaba allí. Tenía un método único, a modo de estrategia para acelerar la tasa de innovación de su laboratorio de trabajo.
- **Frank Heart.** graduado en el MIT, comenzó su carrera en el *Lincoln Laboratory*, donde trabajó en proyectos como SAGE o el Whirlwind. Tras 15 años allí se trasladó a la BBN donde fue elegido para dirigir el grupo de trabajo encargado del diseño del IMP para ARPA. Desde la BBN lideró a los denominados arquitectos de la Red en la elaboración del dispositivo clave para el funcionamiento de esta, poniendo especial énfasis en la fiabilidad de la conexión.
- **Iván Sutherland.** considerado el creador de los gráficos de ordenador, introdujo en el mundo de la informática conceptos tales como el modelado tridimensional, el diseño automatizado o la realidad virtual. Se doctoró en el MIT, donde desarrolló la primera interfaz gráfica de usuario para el ordenador TX-2, que incluía un CRT de 9 pulgadas y un bolígrafo láser. En 1964 fue nombrado director de la IPTO por Licklider en ARPA, y sería él quien contrataría al año siguiente a Larry Roberts, factor determinante en el desarrollo de la Red.
- **Jack P. Ruina.** fue el director de ARPA que contrató a Licklider en 1962, después fue presidente del Instituto de Defensa y Análisis en Arlington, Virginia durante dos años, también ha trabajado para el DOD y para las Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos pero su carrera está sin duda ligada al MIT, donde ha trabajado de profesor de ingeniería eléctrica durante más de 30 años.
- **J.C.R. Licklider.** psicólogo y científico informático considerado una de las figuras más destacadas en la historia de la informática, su contribución al desarrollo de la Red consistió más en ideas que en inventos. Sus primeros contactos con la informática se produjeron en la década de los 50 en el proyecto SAGE del MIT. En 1957 pasó a formar parte de la BBN, que por aquel entonces tenía buena fama como consultora informática. Sería en 1962 cuando Jack Ruina le contrataría para incentivar nuevas vías de investigación con ordenadores en ARPA. Licklider sin duda visionó lo que podría ser una red de ordenadores intercomunicados, de ahí que desde los inicios mantuviera contacto con los principales centros de investigación

con la intención de poder estandarizar criterios y poder así compartir recursos. Es sin lugar a dudas uno de los denominados pioneros de Internet.

- **John McQuillan.** estudió matemáticas aplicadas en la Universidad de Harvard, trabajó en la División de Sistemas Informáticos de la BBN desde 1971. Cabe destacar que entre 1972 y 1974 se hizo responsable de revisar los códigos y realizar las mejoras permanentes en ARPAnet. Lideró el equipo que escribió todo un nuevo *software* para IMP, realizó elaboradas comprobaciones en la Red, simulando posibles escenarios de error y forzando a la Red para hacerla más segura y fiable.
- **Jon Postel.** informático estadounidense conocido principalmente por ser el editor de los RFC, documentos donde se definen los estándares, metodologías e innovaciones relacionadas con Internet. Fue responsable de la definición de la familia de protocolos TCP/IP, también participó en el desarrollo de otros protocolos como el SMTP y el DNS.
- **Ken Olsen.** ingeniero del MIT, abandonó dicho laboratorio para formar *Digital Equipment Corporation*, donde fabricó algo radicalmente diferente, un pequeño ordenador llamado "miniordenador" donde el usuario empezaba a interactuar directamente con él, esta empresa sacó a la luz el TX-0.
- **Larry Roberts.** otro de los pioneros de Internet, denominado por muchos el "padre de ARPAnet" por dirigir el equipo de ingenieros que la desarrolló además de ser el principal arquitecto de esta. Trabajó en el MIT hasta que Robert Taylor decidió contratarle para dirigir el Proyecto ARPAnet. Previamente, en 1965 tuvo su primera oportunidad de trabajar en un experimento real conectando dos ordenadores separados por una gran distancia. Máximo ejecutivo de *Telenet*, la primera operadora de datos a través de conmutación de paquetes, desarrolló el protocolo X25 en el cual se basaría la red europea EUNet.
- **Leonard Kleinrock.** autor de diversas contribuciones importantes en el campo teórico de las redes de ordenadores, como su trabajo en el campo de teoría de colas, con aplicación matemática por ejemplo en la conmutación de paquetes. Uno de los 4 primeros nodos de ARPAnet fue UCLA, porque él trabajaba (y trabaja) allí. En los 90 participó de forma directa en el desarrollo del navegador Mosaic.
- **Mark Andreessen.** es el cofundador de la empresa Netscape Communications Corporation y coautor de Mosaic, uno de los primeros navegadores web con interfaz gráfica.
- **Neil McElroy.** dedicado a los negocios, concretamente a la venta de jabones, fue él quien le propuso al por entonces presidente Eisenhower la creación de una agencia de carácter científico para poder competir con los soviéticos, tras ser nombrado Secretario de Defensa. Así se creó ARPA.
- **Norm Abramson.** ingeniero informático conocido por ser el principal desarrollador de ALOHANET, un sistema basado en el uso de radios para transmitir datos entre siete

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

ordenadores distribuidos en cuatro islas, compartiendo un único canal de frecuencia. Gracias a él se pudo transmitir datos por primera vez en una red inalámbrica.

- **Paul Baran.** obtuvo un grado en ingeniería eléctrica, tras ello comenzó a trabajar en *Eckert-Mauchly Computer Corporation* realizando test para el *UNIVAC*. Por las noches fue estudiando hasta obtener un máster en ingeniería por la Universidad de UCLA en 1959. Tras ello se incorporó al departamento de ciencias informáticas dentro de la división matemática en la *RAND Corporation*. Fue en esta empresa donde comenzó su interés por la supervivencia de sistemas de comunicación en caso de un ataque nuclear y donde empezó a trabajar en la conexión entre ordenadores y el envío de paquetes de datos. Sus dos grandes aportaciones teóricas para el desarrollo de la comunicación entre ordenadores fueron el diseño de red distribuida y la fragmentación de los mensajes en partes más pequeñas. Es uno de los creadores de la conmutación de paquetes y partícipe activo en el desarrollo de ARPAnet.
- **Ray Tomlinson.** graduado en ingeniería eléctrica en el MIT, en 1967 ingresa en la BBN y comienza a trabajar en el proyecto ARPA. El e-mail surge a raíz de un programa escrito por él que constaba de dos partes, una de envío y otra de lectura. Él mismo había escrito también un FTP experimental que modificó con el fin de poder llevar un mensaje desde un ordenador a otro. En 1972 envió el primer correo electrónico. Otro hecho por el cual sin duda es y será recordado es por la introducción del símbolo "@". También ha realizado otros trabajos destacables en el diseño de ordenadores, arquitectura de redes, protocolos en la red o síntesis digital.
- **Robert Taylor.** posiblemente, es la mayor figura en el desarrollo de Internet, del ordenador personal y las tecnologías que apoyan la revolución de los ordenadores. En 1966 asume la dirección de la IPTO, tras percatarse de la creciente demanda de recursos informáticos decide presentarse en el despacho del por aquel entonces director de ARPA, Charles Herzfeld para presentarle un proyecto de conexión de ordenadores entre sí, que revolucionaría la percepción que se tenía hacia dichas máquinas. Esa decisión es sin duda "la clave" para que hoy día exista Internet. Es el fundador y el posterior gerente del Computer Science Laboratory (CSL) de Xerox PARC y el fundador y gerente del Systems Research Center (SRC) de Digital Equipment.
- **Severo Ornstein.** comienza su carrera como programador y diseñador en el *Lincoln Laboratory* del MIT en 1955, estuvo en el grupo de trabajo que desarrolló el TX-2 y volvió a Boston donde ingresó en la BBN doonde dirigiría la implementación del *hardware* del IMP.
- **Steve Crocker.** otro de los pioneros de Internet, participó en el desarrollo de la Red siendo creador y coordinador del NWG, grupo donde se escribieron los RFC que marcarían las pautas en la implementación de un protocolo de comunicación entre ordenadores, además de idear otras aplicaciones.
- **Tim Berners-Lee.** científico británico conocido mundialmente por ser el inventor del "World Wide Web", *software* basado en el HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) que interactúa entre cliente y servidor en Internet y permite la navegación por la red de una forma sencilla.

Director de W3C (*World Wide Web Consortium*), organismo encargado de asegurar el continuo desarrollo de la Web.

- **Tom Marill.** fundador de la CCA, empresa dedicada a la investigación del *time-sharing*, fue quien propuso en 1965 a ARPA realizar un experimento de conexión en red entre el TX-2 del *Lincoln Laboratory* y el SDC Q-32 en Santa Mónica. El experimento demostró que era posible conectarlos, pero existía un problema de compatibilidad entre ambos.
- **Wesley Clark.** ingeniero del MIT que trabajó en el desarrollo del TX-2, fue el principal culpable de que Licklider se introdujera en el mundo de la informática. De él proviene la idea de la subred de *imps* que se desarrolla para hacer funcionar la ARPAnet en 1967, además fue quien propuso a Frank Heart para desempeñar tal labor a Larry Roberts.
- **Willy Crowther.** trabajó durante la década de los 70 en la BBN en la comunicación entre *imps* programando y diseñando *software*. En su tiempo libre comenzó a desarrollar un juego de aventura basado en texto para el PDP-10 de la BBN, el juego conocido a posteriori como "*Adventure*" fue lanzado en 1975 para el sistema ARPAnet. Al año siguiente sería contratado por Stanford para mejorarlo.
- **Vint Cerf.** graduado en matemáticas y ciencias informáticas en la Universidad de Stanford, comenzó a trabajar a principios de los 70 junto con Bob Kahn en el desarrollo de un conjunto de protocolos de comunicación para ARPAnet y posteriormente para la interconexión de distintas redes entre sí. Estas investigaciones darían lugar al TCP/IP en 1972. Diseñó el primer servicio comercial de correo electrónico conectado a Internet, el "MCI MAIL". Es presidente del ICANN (*Internet Corporation for Assigned Names and Numbers*).

El origen de Internet. El camino hacia la red de redes

Proyecto Fin de Carrera

Bibliografía

Bibliografía

- *Alex McKenzie Collection of Computer Networking Development Records (1969-1990)* < <http://special.lib.umn.edu/findaid/xml/cbi00123.xml> >
- *ARPAnet: 1969-1972. The Beginnings of Computer Networks* <<http://www.historyofcomputercommunications.info/Book/4/4.12-ICCC%20Demonstration71-72.html>>
- *Avances tecnológicos en el S. XX* < <http://www.slideshare.net/chebel/avances-tecnologicos-en-el-siglo-xx> >
- *Bernie Cosell* < <http://www.codersatwork.com/bernie-cosell.html> >
- *Computer and Internet timeline* < <http://www.earthlyissues.com/internet.htm> >
- *Computer History Timeline (1939-1994)* < <http://www.computerhistory.org/exhibits/> >
- *Conceptos de microelectrónica* < <http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Otros/> >
- *Cronología de la evolución de Internet* < <http://giselarodriguezg.com/cronologia-internet/> >
- *DARPA and the Internet Revolution* < <http://www.darpa.mil/About/History/> >
- *Dave Walden* < <http://www.walden-family.com/dave/> >
- *El liberalismo norteamericano (2000)* < www.artehistoria.jcyl.es/v2/contextos/ >
- *Estados Unidos: la polarización (2000)* <www.artehistoria.jcyl.es/v2/contextos/>
- *Frank Heart* <<http://www.communicationfreedom.com/crc/webdev/internetHistory/people/index.cfm?action=frankHeart>>
- *Imaginnig the Internet* < <http://www.elon.edu/e-web/predictions/early90s/> >
- *Internet Chronology (1997), Dr. Lawrence Roberts* <<http://www.cs.utexas.edu/users/chris/sigcomm/t1/InternetChronology.html>>
- *Internet Corporation for Assigned Names and Numbers* < <http://www.icann.org/> >
- *Internet History (1962-1992)* < <http://www.computerhistory.org/exhibits/> >
- *Internet Pioneers* < <http://www.ibiblio.org/pioneers/> >
- *Internet y aplicaciones multimedia (2010), Alberto Cortés.*
- *Katie Hafner & Matthew Lyon, (1996), Simon & Schuster Paperbacks. Where wizards stay up late. The origins of the Internet.*
- *La década de los años 60* <<https://sites.google.com/site/elmundoactualhistoria4to/unidades-1/la-decada-de-los-60#enlace%20cuatro>>
- *La Evolución de los Ordenadores* <<http://www.escolares.net/computacion/la-evolucion-de-las-computadoras-ordenadores/>>
- *La Guerra Fría* < <http://www.historiasiglo20.org/GF/index.htm> >
- *La historia de Internet* <<http://www.maestrosdelweb.com/editorial/internethis/>>

- *La presidencia de Richard Nixon (2000)* <www.artehistoria.jcyl.es/v2/contextos/>
- *Las primeras redes: Redes académicas y de investigación* <http://aui.es/index.php?body=histo_article&id_rubrique=255&id_article=2847>
- *Paul Baran and the origins of the Internet* <<http://www.rand.org/about/history/baran.html>>
- *Polarización de la sociedad norteamericana (2000)* <www.artehistoria.jcyl.es/v2/contextos/>
- *Programación de aplicaciones web: historia, principios básicos y clientes web (2002), Sergio Luján Mora. Editorial Club Universitario.*
- *Request for proposals* <http://www.pbs.org/opb/nerds2.0.1/networking_nerds/bbn.html>
- *RFC-0 / RFC-354* <<http://www.faqs.org/rfcs/rfc354.html>>
- *Technical report by Bolt Beranek and Newman Inc., (1981), A History of the ARPANET: The First Decade.*
- *The ARPA network design decisions* <<http://walden-family.com/public/whole-paper.pdf>>
- *Toward a Cooperative Network of Time-Shared Computer (1966), Thomas Marill & Dr. Lawrence G. Roberts.*
- *Una breve historia de Internet* <<http://www.newsdemon.com/history-of-internet.php?lang=es>>